

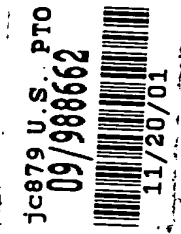
#3
8.22.02
RW

Patent

Attorney's Docket No. 027260-478

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)	
)	
Masao IMAKI et al.)	Group Art Unit: Unassigned
)	
Application No.: Unassigned)	Examiner: Unassigned
)	
Filed: November 20, 2001)	
)	
For: WAVELENGTH MONITOR AND)	
SEMICONDUCTOR LASER DEVICE)	
)	
)	
)	
)	



CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign applications in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-371471, filed December 6, 2000, and
Japanese Patent Application No. 2001-132746, filed April 27, 2001.

In support of this claim, enclosed are certified copies of said prior foreign applications. Said prior foreign applications are referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copies is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: November 20, 2001

By: Douglas H. Pearson, R.N. 47,851
Platon N. Mandros
Registration No. 22,124

P.O. Box 1404
Alexandria, Virginia 22313-1404
(703) 836-6620

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



This is to certify that the annexed is a true copy of
the following application as filed with this Office.

Date of Application : April 27, 2001

Application Number : Japanese Patent Application No. 2001-132746

Applicant(s) : MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA

This 25th day of May, 2001

Commissioner,
Japan Patent Office Kozo OIKAWA

Certificate No. 2001-3045500

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 4月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-132746

出 願 人

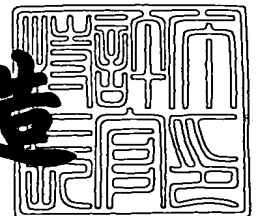
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2001年 5月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3045500

【書類名】 特許願

【整理番号】 529275JP02

【提出日】 平成13年 4月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 31/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 今城 正雄

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 平野 嘉仁

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 佐藤 睦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 増田 健之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 足立 明宏

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 西村 靖典

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 ▲たか▼木 晋一

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066474

【弁理士】

【氏名又は名称】 田澤 博昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100088605

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 公延

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-371471

【出願日】 平成12年12月 6日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 020640

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9804871

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長モニタ装置および半導体レーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体レーザからの出力光が通過するシリンドリカルレンズと、

前記シリンドリカルレンズを通過した光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、

前記シリンドリカルレンズと前記第 1 の光検出器との間に設けられた波長フィルタと、

を備えた波長モニタ装置。

【請求項 2】 レーザ光を出射する半導体レーザと、

前記半導体レーザから出射されたレーザ光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、

前記半導体レーザと前記第 1 の光検出器の間に設けられた波長フィルタと、

前記半導体レーザと前記第 1 および第 2 の光検出器との間に配置されたシリンドリカルレンズと、

を備えた半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記シリンドリカルレンズが、前記半導体レーザと前記波長フィルタとの間に配置された

ことを特徴とする請求項 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記第 1 および第 2 の光検出器が、前記シリンドリカルレンズの軸線に平行な方向に並置されたことを特徴とする請求項 2 もしくは請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記シリンドリカルレンズを透過したレーザ光のビーム径は、前記並置された第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンドリカルレンズの軸線に平行な第 1 の方向において前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面の合計長さより長く、前記平面上で前記第 1 の方向に直角な第 2 の方向において前記第 1 および第 2 の光検出器のそれぞれの受光面長さより短いことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面は、前記半導体レーザの光軸に対して傾いていることを特徴とする請求項 2 もしくは請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記シリンダ形レンズを透過したレーザ光のビーム径は、前記並置された第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンダ形レンズの配列方向において前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面の合計長さより長く、前記平面上で前記配列方向に直角な方向において前記第 1 および第 2 の光検出器のそれぞれの受光面長さより短いことを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を、前記シリンダ形レンズを透過して集光された前記後方出射レーザ光の光軸に対するビームの最大角度より大きな角度で、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンダ形レンズの軸線に平行な軸回りに傾けたことを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】 前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面と前記半導体レーザの光軸との交点と前記半導体レーザとの間の光学長を L とし、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面の前記半導体レーザの光軸からの最遠点までの光学長を D とした時、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を、角度 $\tan^{-1}(D/L)$ より大きな角度で、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンダ形レンズの軸線に垂直な軸回りに傾けたことを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】 前記シリンダ形レンズの軸が、前記半導体レーザの光軸からずれていることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 11】 前記半導体レーザと前記第 1 および第 2 の光検出器との間にアパーチャを設けたことを特徴とする請求項 2 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 12】 前記シリンダ形レンズを支持する支持部材を設け、前記シリンダ形レンズは、前記支持部材に当接する切り欠き部を有することを特徴とする請求項 2 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 3】 前記シリンドリカルレンズを支持する支持部材を設け、前記支持部材は、前記シリンドリカルレンズに 2 面が当接する切り欠き部を有することを特徴とする請求項 2 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザー装置。

【請求項 1 4】 前記レンズを支持する支持部材を設け、前記レンズは前記支持部材に対し金－錫合金または低融点ガラスを用いて固定されることを特徴とする請求項 2 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザー装置。

【請求項 1 5】 前記第 1 および第 2 の光検出器の少なくとも一方は、複数のフォトダイオードより成ることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 1 6】 前方出射レーザー光および後方出射レーザー光を出射する半導体レーザーと、

前記半導体レーザーから出射された後方出射レーザー光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、

前記半導体レーザーと前記第 1 の光検出器の間に設けられた波長フィルタと、これらを内部に収容するパッケージと、

前記パッケージに取り付けられ前記半導体レーザーの前方出射光をパッケージ外部に通す楔形のウィンドウと、

を備えたことを特徴とする半導体レーザー装置。

【請求項 1 7】 前記パッケージは、前記半導体レーザーを支持する底部を有し、

前記ウィンドウは前記パッケージの底部側に対面するように傾斜した傾斜面を有する

ことを特徴とする請求項 1 6 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 1 8】 前記半導体レーザーと前記楔形ウィンドウとの間にレンズを設け、

前記楔形ウィンドウとレンズは、楔形ウィンドウからパッケージ内部への戻り光が前記レンズに入射しない位置に離間されて配置されたことを特徴とする請求項 1 6 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 1 9】 レーザ光を出射する半導体レーザと、

前記半導体レーザの搭載方向に配列され、前記半導体レーザから当該搭載方向に垂直な方向に出射されたレーザ光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、

前記半導体レーザと前記第 1 の光検出器の間に設けられた波長フィルタとを備え、

前記第 1 および第 2 の光検出器は、前記搭載方向に直交する方向を長手方向とする受光面を有したことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2 0】 前記第 1 および第 2 の光検出器は、半円形状の受光面を有したことを特徴とする請求項 1 9 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 1】 レーザ光を出射する半導体レーザと、

一体のダイオード基板上に並列され、前記半導体レーザから出射されたレーザ光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、

前記半導体レーザと前記第 1 および第 2 の光検出器との間に配置され、入射光を平行光に集光するレンズと、

前記レンズと前記第 1 の光検出器との間に設けられた波長フィルタと、

を備えた半導体レーザ装置。

【請求項 2 2】 前記半導体レーザが直接もしくは間接的に取り付けられた恒温化素子と、

前記第 1 および第 2 の光検出器の出力の比に基づいて前記恒温化素子を制御する制御回路と、

を備えることを特徴とする請求項 2 から請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 3】 前記半導体レーザの温度を測定する温度検出器と、

前記半導体レーザが直接もしくは間接的に取り付けられた恒温化素子と、

前記温度検出器の出力および前記第 1 および第 2 の光検出器の出力の比

に基づいて前記恒温化素子を制御する制御回路と、

を備えることを特徴とする請求項 2 から請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 4】 前記半導体レーザの温度を測定する温度検出器と、

前記半導体レーザが直接もしくは間接的に取り付けられた恒温化素子と、

前記温度検出器の出力および前記第 1 の光検出器の出力に基づいて前記恒温化素子を制御する制御回路と、

を備えることを特徴とする請求項 2 から請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 5】 前記第 2 の光検出器の出力に基づいて前記半導体レーザを制御する制御回路を備えることを特徴とする請求項 2 から請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体レーザから出力される光の波長を測定する波長モニタ装置および半導体レーザ装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光ファイバーを利用した光通信において、高密度波長分割多重（DWDM）光通信が行われるようになってきている。この DWDM 光通信では、多数の半導体レーザから出射され様々な波長を有する光が多重化され、多重化された光が一本の光ファイバーに導かれ目的地へ伝送された後、元の多数の光に分割され利用されるものである。近年、この光伝送の効率化を図るために高密度に光を多重化する技術が提案されている。この場合、多重化される光の波長間隔は狭くなり（例えば 5 0 G H z 間隔のように狭くなり）、互いに干渉を生じさせずに光の多重化を行うためには、それぞれの半導体レーザ装置に対して高い光波長安定度が要求されるようになってきている。そのため、光ファイバーに導かれる半導体レーザの前方出射光とともに同時に射出されるエネルギーレベルの低い後方出射光の光強度および発振波長をモニタ（検出）し、後方出射光の発振波長を制御することにより、前方出射光の発振波長を制御することが行われている。また、光計測の分野においても、半導体レーザからの出射光について光強度と発振波長をモニタすることによって、例えば半導体レーザの単色光の波長などを精度良く測定する

ことが行われている。

【0003】

図23は、特開平10-79551号公報に示された、半導体レーザからの出力光の光強度と発振波長をモニタする、この種の波長モニタ装置の構成を示す図である。半導体レーザ126の後方出射光はレンズ127によって平行光化される。平行光化された光は1/4波長板128に入射し、直線偏光を円偏光に変換した後、第1の偏光ビームスプリッタ（以下「PBS」と略記する。）129に入射する。PBS129では第1の出射光130と第2の出射光131に分離される。第1の出射端面にはバンドパスフィルタ膜132を備えており、第1の出射光130はバンドパスフィルタ膜132を透過して第1のフォトダイオード133にて受光される。第1のフォトダイオード133の光電流出力は半導体レーザ126の発振波長によって変動する。第2の出射光131は第2のPBS134に入射して、第3の出射光135と第4の出射光136に分離される。第3の出射端面にはバンドパスフィルタ膜137を備えており、第3の出射光135はバンドパスフィルタ膜137を通過して第2のフォトダイオード138にて受光される。第2のフォトダイオード138の光電流出力は半導体レーザ126の発振波長によって変動する。第4の出射光136はそのまま第3のフォトダイオード139にて受光される。第1のフォトダイオード133、第2のフォトダイオード138の光電流出力を波長モニタとして利用し、第3のフォトダイオード139の光電流出力を半導体レーザの後方出射光の強度モニタとして利用することで、波長と光強度の両方の安定化が可能になる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来の波長モニタ装置は以上のように構成されているので、2つのPBS、2つのバンドパスフィルタ膜を用いるため、部品点数が多く、製品コストが高くなるという課題があった。

【0005】

また、従来の波長モニタ装置は光の伝播方向が3方向あり、光部品、特に半導体レーザの後方出射光の光線広がり調整するレンズ、PBS、フォトダイオー

ドのアライメントが難しいという課題があった。

【 0 0 0 6 】

さらに、従来の波長モニタ装置は温度変化または経年変化などによりフォトダイオードが実装されている3つの平面が別々の動きをして半導体レーザ、レンズまたはフォトダイオードなどの光学部品に位置ずれが生じると、半導体レーザから出射される光の強度が一定であっても、各フォトダイオードにて受光される光強度が変動するという課題があった。

【 0 0 0 7 】

さらに、従来の波長モニタ装置は第2のフォトダイオードと第3のフォトダイオードが互いに直交する異なる平面上に実装されているため、温度変化や経年変化によってフォトダイオードが実装されている平面が別々の動きをし、フォトダイオードの光電流出力が安定しないなどの課題があった。

【 0 0 0 8 】

一方、特開平5-149793号公報に、半導体レーザとその半導体レーザの発振波長を検出する波長モニタ装置が搭載された半導体レーザ装置が開示されている。また、実開昭58-12831号公報に、光の波長を検知する波長測定装置が開示されている。これらの装置では光源からの光を一方の光検出器では直接に受光し他方の光検出器ではフィルタを介して受光するものである。しかしながら、光検出器は台座上に設置されるのでその上下方向での設置精度は比較的高いものの、水平方向で光検出器を正確に位置づけることはかなり難しい。そのため、2つの光検出器で等量のまたは設定された光を受光するように水平方向において光検出器を設置することは困難であった。また、温度変化または経年変化により2つの光検出器が水平方向において位置ずれを起こすこともあった。その結果、安定して光の波長を正確に検出することは困難なことであった。

【 0 0 0 9 】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、複数の偏光ビームスプリッタと複数のバンドパスフィルタを組み合わせる構成が必要がなく、より簡潔な構成部品で半導体レーザの出力光の強度と発振波長を正確にモニタする波長モニタ装置、および半導体レーザ装置を得ることを目的とする。

【 0 0 1 0 】

また、この発明は、半導体レーザから出射される光の波長を常に精度良くモニタする波長モニタ装置、および半導体レーザとその半導体レーザの波長をモニタする波長モニタ装置が設けられた半導体レーザ装置を得ることを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る波長モニタ装置は、半導体レーザからの出力光が通過するシリンドリカルレンズと、前記シリンドリカルレンズを通過した光を受光する第1および第2の光検出器と、前記シリンドリカルレンズと前記第1の光検出器との間に設けられた波長フィルタとを備えたものである。

【 0 0 1 2 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、レーザ光を出射する半導体レーザと、前記半導体レーザから出射されたレーザ光を受光する第1および第2の光検出器と、前記半導体レーザと前記第1の光検出器の間に設けられた波長フィルタと、前記半導体レーザと前記第1および第2の光検出器との間に配置されたシリンドリカルレンズとを備えたものである。

【 0 0 1 3 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記シリンドリカルレンズが、前記半導体レーザと前記波長フィルタとの間に配置されたものである。

【 0 0 1 4 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記第1および第2の光検出器が、前記シリンドリカルレンズの軸線に平行な方向に並置されたものである。

【 0 0 1 5 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記シリンドリカルレンズを透過したレーザ光のビーム径は、前記並置された第1および第2の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンドリカルレンズの軸線に平行な第1の方向において前記第1および第2の光検出器の受光面の合計長さより長く、前記平面上で前記第1の方向に直角な第2の方向において前記第1および第2の光検出器のそれぞれの受光面長さより短いものである。

【 0 0 1 6 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面は、前記半導体レーザの光軸に対して傾いているものである。

【 0 0 1 7 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記シリンドリカルレンズを透過したレーザ光のビーム径は、前記並置された第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンドリカルレンズの配列方向において前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面の合計長さより長く、前記平面上で前記配列方向に直角な方向において前記第 1 および第 2 の光検出器のそれぞれの受光面長さより短いものである。

【 0 0 1 8 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を、前記シリンドリカルレンズを透過して集光された前記後方出射レーザ光の光軸に対するビームの最大角度より大きな角度で、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンドリカルレンズの軸線に平行な軸回りに傾けたものである。

【 0 0 1 9 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面と前記半導体レーザの光軸との交点と前記半導体レーザとの間の光学長を L とし、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面の前記半導体レーザの光軸からの最遠点までの距離を D とした時、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を、角度 $\tan^{-1} (D/L)$ より大きな角度で、前記第 1 および第 2 の光検出器の受光面を含む平面上で前記シリンドリカルレンズの軸線に垂直な軸回りに傾けたものである。

【 0 0 2 0 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記シリンドリカルレンズの軸が、前記半導体レーザの光軸からずれているものである。

【 0 0 2 1 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記半導体レーザと前記第 1 およ

び第 2 の光検出器との間にアパーチャを設けたものである。

【 0 0 2 2 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記シリンドリカルレンズを支持する支持部材を設け、前記シリンドリカルレンズは、前記支持部材に当接する切り欠き部を有するものである。

【 0 0 2 3 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記シリンドリカルレンズを支持する支持部材を設け、前記支持部材は、前記シリンドリカルレンズに 2 面が当接する切り欠き部を有するものである。

【 0 0 2 4 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記レンズを支持する支持部材を設け、前記レンズは前記支持部材に対し金－錫合金または低融点ガラスを用いて固定されるものである。

【 0 0 2 5 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記第 1 および第 2 の光検出器の少なくとも一方は、複数のフォトダイオードより成るものである。

【 0 0 2 6 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前方出射レーザ光および後方出射レーザ光を出射する半導体レーザと、前記半導体レーザから出射された後方出射レーザ光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、前記半導体レーザと前記第 1 の光検出器の間に設けられた波長フィルタと、これらを内部に収容するパッケージと、前記パッケージに取り付けられ前記半導体レーザの前方出射光をパッケージ外部に通す楔形のウィンドウとを備えたものである。

【 0 0 2 7 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記パッケージは、前記半導体レーザを支持する底部を有し、前記ウィンドウは前記パッケージの底部側に対面するように傾斜した傾斜面を有するものである。

【 0 0 2 8 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記半導体レーザと前記楔形ウイ

ンドウとの間にレンズを設け、前記楔形ウィンドウとレンズは、楔形ウィンドウからパッケージ内部への戻り光が前記レンズに入射しない位置に離間されて配置されたものである。

【 0 0 2 9 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、レーザ光を出射する半導体レーザと、前記半導体レーザの搭載方向に配列され、前記半導体レーザから当該搭載方向に垂直な方向に出射されたレーザ光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、前記半導体レーザと前記第 1 の光検出器の間に設けられた波長フィルタとを備え、前記第 1 および第 2 の光検出器は、前記搭載方向に直交する方向を長手方向とする受光面を有したものである。

【 0 0 3 0 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記第 1 および第 2 の光検出器は、半円形状の受光面を有したものである。

【 0 0 3 1 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、レーザ光を出射する半導体レーザと、一体のダイオード基板上に並列され、前記半導体レーザから出射されたレーザ光を受光する第 1 および第 2 の光検出器と、前記半導体レーザと前記第 1 および第 2 の光検出器との間に配置され、入射光を平行光に集光するレンズと、前記レンズと前記第 1 の光検出器との間に設けられた波長フィルタとを備えたものである。

【 0 0 3 2 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記半導体レーザが直接もしくは間接的に取り付けられた恒温化素子と、前記第 1 および第 2 の光検出器の出力の比に基づいて前記恒温化素子を制御する制御回路とを備えるものである。

【 0 0 3 3 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記半導体レーザの温度を測定する温度検出器と、前記半導体レーザが直接もしくは間接的に取り付けられた恒温化素子と、前記温度検出器の出力および前記第 1 および第 2 の光検出器の出力の比に基づいて前記恒温化素子を制御する制御回路とを備えるものである。

【 0 0 3 4 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記半導体レーザの温度を測定する温度検出器と、前記半導体レーザが直接もしくは間接的に取り付けられた恒温化素子と、前記温度検出器の出力および前記第 1 の光検出器の出力に基づいて前記恒温化素子を制御する制御回路とを備えるものである。

【 0 0 3 5 】

また、この発明に係る半導体レーザ装置は、前記第 2 の光検出器の出力に基づいて前記半導体レーザを制御する制御回路を備えるものである。

【 0 0 3 6 】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態 1.

図 1 は、この発明の半導体レーザ装置の実施の形態 1 を示す光学系を側面から見た図である。図において、1 は前方（図の左方向）に光信号を出力する半導体レーザであり、この半導体レーザの後方（図の右方向）に出射される後方出射レーザ光である背面光（後方出射光信号 2）が出射する方向に、レンズ 3、波長フィルタ 4、第 1 のフォトダイオード 5、第 2 のフォトダイオード 6 が配置してある。レンズ 3、波長フィルタ 4、第 1 のフォトダイオード 5（第 1 の光検出器）および第 2 のフォトダイオード 6（第 2 の光検出器）はベースキャリア 11 上に配置され、半導体レーザ 1 はベースキャリア 11 上に設けられた台座 50 上に配置される。また、サーミスタ 9 は半導体レーザ 1 の近くにてベースキャリア 11 上に配置され、ベースキャリア 11 は恒温化素子（ペルチェ素子）10 上に配置されて、半導体レーザ装置の図示しないパッケージ内に収容される。また、図において半導体レーザ 1 の背面光の出射方向を z 軸方向（水平面上であって図 2 3 において右方向）、台座 50 に対して半導体レーザが載せられる方向を y 軸方向（水平面に直交する上方向）、z、y 軸方向に直交する方向を x 軸方向（水平面上であって図 2 3 において手前に向かう方向）とする。半導体レーザ 1 内では、活性層（図示省略）および活性層をはさむ両クラッド層（図示省略）が y 軸方向に並んでいる。

【 0 0 3 7 】

次に動作について説明する。半導体レーザ 1 の後方出射光信号 2 は、レンズ 3 によって光線の広がり角を調整される。この光線の x y 面に対して平行な平面上の一部分が入射するように波長フィルタ 4 を配置する。図に示す例では、半導体レーザ 1 の出射光信号のビーム内における概ね下半分が、波長フィルタ 4 を通過するように、x y 面に対して平行な平面内における下側に波長フィルタ 4 を配置している。したがって、波長フィルタ 4 を透過した光線を第 1 のフォトダイオード 5 で受光し、波長フィルタ 4 を通過していない光線を第 2 のフォトダイオード 6 で受光する。波長フィルタ 4 は透過率に波長依存性があり、入射光の波長にしたがって透過光の強度を変化させる性質を持つため、半導体レーザ 1 の発振波長の変動に伴って、第 1 のフォトダイオード 5 の光電流出力は変動する。この第 1 のフォトダイオード 5 の光電流出力を波長モニタ出力として利用する。また、第 2 のフォトダイオード 6 は、半導体レーザ 1 からの光線を直接受光しているため、第 2 のフォトダイオード 6 の光電流出力は波長依存性を持たず光強度モニタとして利用する。レンズ 3 による光線の広がり角は、拡散させずに図 1 に示すように平行光にするのが望ましい。こうすることにより、半導体レーザ 1 の光軸と第 1 のフォトダイオード 5 および第 2 のフォトダイオード 6 の光軸との間に軸ずれを生じた場合に、波長フィルタ 4 を透過した光線が第 2 のフォトダイオード 6 に入射して波長フィルタ 4 を通過していない光線と干渉するのを抑えることができる。これによって第 1 のフォトダイオード 5 と第 2 のフォトダイオード 6 との間隔をより近づけることができるようになる。この例では、1 つのフォトダイオード基板上に第 1 のフォトダイオード 5 と第 2 のフォトダイオード 6 の 2 つの受光部を近接させて配置している。

【 0 0 3 8 】

波長フィルタ 4 の例としてファブリペロ（以下、F P と略記する。）共振器が挙げられる。F P 共振器は、平行に研磨したガラス基板の面上に鏡を堆積させたものである。図 2 は、波長フィルタとして F P 共振器を使用した時の、第 1 のフォトダイオード 5 及び、第 2 のフォトダイオード 6 の光電流出力が半導体レーザ 1 の発振波長によってどのような特性になるかを示したものである。波形 7 は第

1 のフォトダイオード 5 の光電流出力であり、このように F P 共振器を透過した光の電流出力は入射光の波長によって周期的に増減する特性を持つ。したがって、例えば半導体レーザ 1 の使用波長帯域が、図 2 に示すように第 1 のフォトダイオード 5 における光電流出力が右下がり的大幅に変化する波長帯 B と一致するような波長フィルタ 4 を用いることによって、第 1 のフォトダイオード 5 でモニタする光電流出力の大きさから半導体レーザ 1 の発振波長をモニタ（検出）することができる。この場合、波長が長波長側になるにつれて光電流出力が減少する特性を有する（或いは、図 2 に示すように第 1 のフォトダイオード 5 における光電流出力が右上がり的大幅に変化する波長帯と一致するような波長フィルタ 4 を用いても、第 1 のフォトダイオード 5 でモニタする光電流出力の大きさから半導体レーザ 1 の発振波長をモニタ（検出）することができる。この場合は、波長が長波長側になるにつれて光電流出力が増加する特性を有する。）。また、例えば予め実測によって得られた光電流出力と発振波長との換算表をメモリ（図示省略）に格納しておき、C P U（図示省略）にてメモリの換算表を参照することによって、光電流出力値から対応する発振波長を計測することも可能である。波形 8 は第 2 のフォトダイオード 6 の光電流出力であり、こちらは波長フィルタを透過していないので、出力は半導体レーザ 1 の発振波長に対して変化がない。また、波長フィルタ 4 は透過光強度が入射光の波長に依存するものであれば、他のものでもかまわない。F P 共振器以外の例として、ガラス基板上に誘電体多層膜を堆積させた光バンドパスフィルタ、複屈折結晶と偏光子を用いたフィルタ等がある。また、後方出射光信号の光線全体を受光するものであって、受光する部分において透過光強度が波長依存性を持つ部分と持たない部分とを有する波長フィルタでも構わない。

【 0 0 3 9 】

次に、波長を安定化させる制御の仕方を説明する。図 3 は波長分割多重（WDM）半導体レーザ装置に適用される波長モニタ装置での波長安定化制御の方法を示す図であり、この種の波長モニタ装置では、一般に光出力一定制御（以下、A P C と略記する。）が A P C 回路 2 6 によって行なわれ、動作温度一定制御（以下、A T C と略記する。）が A T C 回路 2 7 によって行なわれている。A P C 回

路 2 6 は、半導体レーザ 1 の後面光出射方向に配置された第 2 のフォトダイオード 6 からの光電流出力により、半導体レーザ 1 の前方から出射される前方出射レーザ光である前面光の強度が一定になるように、半導体レーザ 1 への電流を調節する。A T C 回路 2 7 は半導体レーザ 1 の近くに設置されたサーミスタ 9 の抵抗値により、恒温化（ペルチェ）素子 1 0 によるクーラーに流す電流を調節する。

【 0 0 4 0 】

この実施の形態による波長モニタ装置を用いた W D M 用半導体レーザ装置では、第 2 のフォトダイオード 6 からの光電流出力により、A P C 回路 2 6 によって半導体レーザ 1 の出力を設定出力に一定化させる。例えば、第 2 のフォトダイオード 6 からの光電流出力が設定出力より大きいときに、半導体レーザ 1 へ印加する入力ドライブ電流を小さくし、また第 2 のフォトダイオード 6 からの光電流出力が設定出力より小さいときに、半導体レーザ 1 への入力ドライブ電流を大きくするように制御する。また、温度検出器であるサーミスタ 9 の抵抗値により、A T C 回路 2 7 が半導体レーザ 1 を設定温度に一定に保つ。さらに、第 1 のフォトダイオード 5 からの光電流出力が設定された電流値に一定に保たれるように、A T C 回路 2 7 での設定温度を変えていくことで、半導体レーザ 1 の波長を設定された基準波長に安定化させることができる。例えば、半導体レーザ 1 が図 2 に示すように波長帯 B で使用される場合、第 1 のフォトダイオード 5 からの光電流出力が設定出力より大きい場合には半導体レーザ 1 からの光は基準波長に対し短波長側にずれているので、A T C 回路 2 7 での設定温度を大きくし、また第 1 のフォトダイオード 5 からの光電流出力が設定出力より小さい場合には基準波長に対し長波長側にずれているので、A T C 回路 2 7 での設定温度を小さくするように調整する（すなわち、第 1 のフォトダイオード 5 の出力を反転させずに A T C 回路 2 7 に帰還させる）。

【 0 0 4 1 】

図 1 に示した実施の形態では、光線の波長フィルタに入射する部分と、波長フィルタに入射しない部分とを、図中の y 軸方向に分割しているが、半導体レーザ 1 と各フォトダイオードとのアライメント精度に問題のない限りで、x 軸方向に分割しても構わない。また、第 1 のフォトダイオード 5 と第 2 のフォトダイオード

ド 6 の電流出力が、それぞれ波長モニタ及び光強度モニタとして機能している限り、光線の波長フィルタに入射する部分と波長フィルタに入射しない部分とをどのような割合で分割しても構わない。

【 0 0 4 2 】

なお、上記図 1 に示した実施の形態では、レンズ 3 によって半導体レーザ 1 の後方出射光信号の光線の広がり調整しているが、第 1 のフォトダイオード 5 と第 2 のフォトダイオード 6 との干渉が問題にならないければ、調整した光線の広がり状態はコリメート状態、発散状態、収束状態のどの状態でも良い。さらに、レンズ 3 が無い形態でも構わない。

【 0 0 4 3 】

実施の形態 2.

実施の形態 2 は、実施の形態 1 において、第 1 のフォトダイオード 5 及び第 2 のフォトダイオード 6 の受光部における受光面の形状を、図 4 に示す形状に変更したものである。図 4 に示すフォトダイオードは、1 つのフォトダイオード素子 1 2 に 2 つのフォトダイオード受光部 1 3, 1 4 をもつモノリシックなフォトダイオードであり、このフォトダイオードを用いることによりフォトダイオードの実装を一度に行なうことができ、コストをさらに低減させることが可能である。

【 0 0 4 4 】

実施の形態 3.

実施の形態 3 は、実施の形態 1 において第 1 のフォトダイオード 5 及び第 2 のフォトダイオード 6 の受光部における受光面の形状を、図 5 に示すフォトダイオード形状に変更したものである。実施の形態 1 では半導体レーザ 1 から出射され第 1 のフォトダイオード 5 および第 2 のフォトダイオード 6 に入射する光の有効面積を十分な大きさを確保するためには、半導体レーザ 1 と第 1 のフォトダイオード 5 および第 2 のフォトダイオード 6 との互いの光軸が合うように、各光学部品をアライメント調整する必要がある。図 1 に示したように、半導体レーザ 1、レンズ 3、第 1 のフォトダイオード 5 および第 2 のフォトダイオード 6 は、ベースキャリア 1 1 あるいはベースキャリア 1 1 上に設けられた台座 5 0 の上に配置されるため、第 1 のフォトダイオード 5 および第 2 のフォトダイオード 6 の配列

される方向（すなわちy軸方向、あるいは半導体レーザの搭載方向）のアライメントについては比較的精度が良い。これに対し第1のフォトダイオード5および第2のフォトダイオード6の配列方向に垂直な方向（すなわちx軸方向）のアライメントについては、半導体レーザ1や第1のフォトダイオード5および第2のフォトダイオード6を台座50やベースキャリア11に対して固定する際、半田付けや接着などによって行うため、半導体レーザ1と第1のフォトダイオード5および第2のフォトダイオード6との光軸の一致精度が悪くなる。図5に示すフォトダイオードは、1つのフォトダイオード素子15に4つのフォトダイオード受光部16, 17, 18, 19を持つフォトダイオードであり、このフォトダイオードを用いることにより、フォトダイオード受光部16, 17に波長フィルタを透過した光線を受光し、フォトダイオード受光部18, 19に波長フィルタを通過していない光線を受光する実施形態であれば、半導体レーザ1の後方出射光信号がx軸方向にずれても、フォトダイオードの受光部がx軸方向に増えているため、このずれによるフォトダイオードの光電流出力の減少を補償することができる。よって半導体レーザ、レンズ、フォトダイオードの実装において、x軸方向に関する実装精度を緩和することが可能である。例えば、フォトダイオード受光部18の出力電流とフォトダイオード受光部19の出力電流の和を取り、その和によって光強度をモニタすることにより、半導体レーザ1の光軸とフォトダイオード受光部の光軸との軸ずれによる波長モニタ精度の劣化を緩和することができる。同様に、フォトダイオード受光部16の出力電流とフォトダイオード受光部17の出力電流の和を取り、その和によって波長に対応したフォトダイオード出力電流をモニタすることにより、半導体レーザ1の光軸とフォトダイオード受光部の光軸との軸ずれによる光強度モニタ精度の劣化を緩和することができる。また、要求される実装精度が厳しい場合には、受光部の数をx軸方向にさらに増やすことによってx軸方向に関する実装精度をより緩和することが可能である。

【0045】

なお、上記図5に示すフォトダイオードにおいて、フォトダイオード受光部16, 18に波長フィルタを透過した光線を受光し、フォトダイオード受光部17, 19に波長フィルタの通過していない光線を受光する実施形態であれば、半導

体レーザ 1 の後方出射光信号が y 軸方向にずれても、フォトダイオードの受光部が y 軸方向に増えているため、このずれによるフォトダイオードの光電流出力の減少を補償することができる。よって半導体レーザ、レンズ、フォトダイオードの実装において、y 軸方向に関する実装精度を緩和することも可能である。また要求される実装精度が厳しい場合には、受光部数を y 軸方向にさらに増やすことによって y 軸方向に関する実装精度を緩和することも可能である。

【 0 0 4 6 】

実施の形態 4 .

実施の形態 4 は、実施の形態 1 において、第 1 のフォトダイオード 5 及び第 2 のフォトダイオード 6 の受光部における受光面を、図 6 に示すような横長形状（x 軸方向に長い形状）に変更したものである。図 6 に示すフォトダイオードは、1 つのフォトダイオード素子 2 0 に 2 つの受光部 2 1, 2 2 を持つフォトダイオードである。受光部 2 1, 2 2 は x 軸方向に受光部を拡大したものであり、受光部 2 1 に波長フィルタを透過した光線を受光し、受光部 2 2 に波長フィルタを透過していない光線を受光する実施形態であれば、半導体レーザ 1 の後方出射光信号が x 軸方向にずれても、フォトダイオードの受光部形状が x 軸方向に拡大してあるため、このずれによるフォトダイオードの光電流出力の減少を補償することができる。よって半導体レーザ、レンズ、フォトダイオードの実装において、x 軸方向に関する実装精度を緩和することが可能である。また、要求される実装精度が厳しい場合には、受光部形状を x 軸方向にさらに増やすことによって x 軸方向に関する実装精度を緩和することが可能である。

【 0 0 4 7 】

なお、上記図 6 に示すフォトダイオードにおいて、x 軸方向のアライメント精度が問題にならない限り、x, y 軸方向を交換した形状（すなわち波長フィルタ 4 を x y 面に平行な平面内の下側ではなく、x y 面に平行な平面内の左もしくは右側に配置し、フォトダイオード受光部 2 1 を左でフォトダイオード受光部 2 2 を右、もしくはフォトダイオード受光部 2 1 を右でフォトダイオード受光部 2 2 を左に配置した形状）にしてもよい。その場合 y 軸方向に受光部を拡大したフォトダイオードとなり、半導体レーザ 1 の後方出射光信号が y 軸方向にずれても、

このずれによるフォトダイオードの光電流出力の減少を補償することができる。よって半導体レーザ、レンズ、フォトダイオードの実装において、y軸方向に関する実装精度を緩和することが可能である。また要求される実装精度が厳しい場合には、受光部形状をy軸方向にさらに増やすことによってy軸方向に関する実装精度を緩和することが可能である。

【 0 0 4 8 】

実施の形態5.

実施の形態5は、実施の形態1において、第1のフォトダイオード5及び第2のフォトダイオード6の受光部における受光面の形状を、図7に示す形状に変更したものである。図7に示すフォトダイオードは1つのフォトダイオード素子23に2つのフォトダイオード受光部24, 25を持つフォトダイオードである。フォトダイオード受光部24, 25は半円状の形状である。このフォトダイオード受光部24, 25の半円形状のそれぞれは光軸および前記第1, 第2のフォトダイオードの配列方向に垂直な方向に伸びる弦を有する。半導体レーザ1からの出射光信号はほぼ円形のビーム形状をしており、受光部を半円状にすることにより、受光部分をほぼ半導体レーザ1のビーム形状に合わせることができ、ビームの面積とフォトダイオード受光部の面積を概ね一致させることができる。したがって、半導体レーザ1から出射されるビームを無駄なくフォトダイオードにて受光できるため、フォトダイオードで受光する光線の結合効率を上げることが可能である。また、アライメントの精度を考慮して受光部形状をx軸方向に拡大した半楕円形状でも構わない。この場合、上記図6に示したフォトダイオードと同様に、半導体レーザ、レンズ、フォトダイオードの実装においてx軸方向の実装精度を緩和することが可能である。

【 0 0 4 9 】

なお、上記図7に示すフォトダイオードにおいて、x軸方向のアライメント精度が問題にならない限り、x, y軸方向を交換した形状（すなわち波長フィルタ4をxy面内の下側ではなく、xy面内の左もしくは右側に配置し、フォトダイオード受光部24を左でフォトダイオード受光部25を右、もしくはフォトダイオード受光部24を右でフォトダイオード受光部25を左に配置した形状）にし

てもよい。その場合受光部を y 軸方向に拡大し、半楕円形状とすることで、半導体レーザ、レンズ、フォトダイオードの実装において、y 軸方向の実装精度を緩和することが可能である。

【0050】

実施の形態 6.

図 8 はこの発明の実施の形態 6 による波長モニタ装置を斜め側方から見た構成図である。なお、この実施の形態 6 の構成要素のうち図 1 または図 3 に示した実施の形態 1 の波長モニタ装置の構成要素と共通するものについては同一符号を付し、その部分の説明を省略する（以下、各実施の形態において同じ）。

【0051】

図において、30 は半導体レーザ 1（レーザダイオード LD）である。たとえば、半導体レーザ 30 は活性層中に回折格子を有する分布帰還型（DFB）レーザ、加える電流または温度によって波長を変えることができる波長可変レーザダイオード、または電界吸収素子とレーザダイオードとを並列に配置した複合型（EA/LD）からなる。31 は半導体レーザ 30 から出射される後方出射光（以下、光信号と称する。）を集光する円筒形状（シリンダリカル）のドラムレンズ（シリンダリカルレンズ）であり、その長手方向（円筒の軸線方向）が y 軸方向に一致するように半導体レーザ 30 の後方に配置される。ドラムレンズ 31 は入射光を 1 軸方向（つまり x 軸方向）に集光するものの、他の軸（つまり y 軸方向）に対し集光作用を有しない 1 軸集光機能を有するレンズである。それで、ドラムレンズ 31 で集光された透過光は上下方向（y 軸方向）に長く、水平方向（x 軸方向）に短い縦長の楕円形状のビームとなる。

【0052】

32 は透過率に波長依存性がある波長フィルタであり、ドラムレンズ 31 で 1 軸集光された光信号の一部（本実施の形態では概ね下半分）を受光し、受光した光の波長にしたがって透過させる光の強度を変化させる性質を持つため、半導体レーザ 30 の発振波長の変動に伴って透過光の強度が変動する。波長フィルタ 32 の例として、実施の形態 1 の波長フィルタ 4 と同じくファブリペロ共振器があげられる。しかしながら、入射光の波長に依存する一定の割合（透過率）で入射

光の強度を減ずる機能を有するという条件を満たせばいずれの波長フィルタであってもよい。たとえば、干渉型であるエタロンフィルタ、複屈折フィルタ（例えば、YVO₄結晶、LiNbO₃結晶、偏光子（PBS）の3つの光学部品から成るフィルタ）またはガラス板上にコーティング層を複数積層してなる薄膜フィルタであってもよい。

【0053】

33は横長の第1のフォトダイオード（第1の光検出器）であり、ドラムレンズ31で1軸集光された光信号であって波長フィルタ32を通過しない光信号を受光し、その光信号強度（光電流値）をモニタ（検出）する。34は横長の第2のフォトダイオード（第2の光検出器）であり、ドラムレンズ31で1軸集光された光信号であって波長フィルタ32を通過した光信号を受光し、その光信号強度（光電流値）をモニタ（検出）する。ドラムレンズ31を透過した光信号の縦長の楕円状ビームをフォトダイオード33、34において最大限に多く受光すべく、第1のフォトダイオード33は第2のフォトダイオード34の上方に配置されるとともに、フォトダイオード33、34のy軸方向の長さの合計は光信号のy軸方向のビーム径よりも十分に小さく、かつフォトダイオード33、34のそれぞれのx軸方向の幅は光信号のx軸方向のビーム径よりも十分に大きい（図11（A）参照）。

【0054】

また、フォトダイオード33、34はビーム中心と一致する光軸に対して概ね対称に配置される。また、ドラムレンズ31、波長フィルタ32およびフォトダイオード33、34はベースキャリア（図示省略）上に固定して配置される。特に、ドラムレンズ31は金-錫の合金または低融点のガラスを用いてベースキャリアに固定されている。

【0055】

ここで、第1のフォトダイオード33でモニタされる光信号強度は半導体レーザ30から出射される光信号そのものの強度を示すので、第1のフォトダイオード33はパワーモニタフォトダイオードとして機能する。また、波長フィルタ32を通過した光信号の強度はその入射光の波長に依存するので、第2のフォトダ

イオード 3 4 でモニタされる光信号強度は半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の波長に依存して変動する。それで、第 2 のフォトダイオード 3 4 は波長モニタフォトダイオードとして機能する。

【 0 0 5 6 】

図 9 は図 8 に示される波長モニタ装置が用いられる波長モニタ装置の波長制御系を示す波長モニタ装置のブロック図である。図 1 0 は実施の形態 1 にしたがって半導体レーザ 1 から出射される光信号の円形ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、(A) は光学部品の位置ずれがない場合に光信号の円形ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、(B) は光信号の円形ビームが両フォトダイオードの右側 (x 軸方向) にずれて受光される状態を説明する図であり、(C) は光信号の円形ビームが両フォトダイオードの上方 (y 軸方向) へずれて受光される状態を説明する図である。図 1 1 は実施の形態 6 にしたがって半導体レーザ 1 から出射される光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、(A) は光学部品の位置ずれがない場合に光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、(B) は光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオードの上方へずれて受光される状態を説明する図であり、(C) は光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオードの右側にずれて受光される状態を説明する図である。図 1 2 はドラムレンズの支持構造を説明する図である。

【 0 0 5 7 】

図において、3 5 はベースキャリア 1 1 (図示省略) を介して半導体レーザ 3 0 と接触する恒温化素子 (たとえばペルチェ素子) であり、恒温化素子 3 5 で発生する熱は、間接的に取り付けられた部材を通じた熱伝導により半導体レーザ 3 0 に与えられる。3 6 は波長制御回路である。波長制御回路 3 6 は第 1 のフォトダイオード 3 3 でモニタされる光信号強度 S_1 と第 2 のフォトダイオード 3 4 でモニタされる光信号強度 S_2 との比 (S_2 / S_1) を計算し、この比および予め設定された比に基づいて半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の波長が設定された波長と比べて短波長側にずれているかまたは長波長側にずれているかを判断し、半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の波長を設定波長に制御すべく恒温

化素子 3 5 で発生する熱量を調節して半導体レーザ 3 0 の温度を調節する。この場合、信号強度比 $S 2 / S 1$ は半導体レーザ 3 0 の光出力に対し規格化した値に相当するので、A P C 回路 2 6 において光信号強度 $S 1$ にもとづき半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の強度が設定された値に制御されているか否かにかかわらず、光信号の波長と設定波長とのずれを示す。つまり、図 2 に示す波長帯 B 内に設定波長が位置付けられている場合、実施の形態 1 と同様に、信号強度比 $S 2 / S 1$ が設定比よりも大きい場合には光信号の波長は短波長側にずれていると判断し、逆に信号強度比 $S 2 / S 1$ が設定比よりも小さい場合には光信号の波長は長波長側にずれていると判断する。ここで、半導体レーザ 3 0 の後方出射光が入射するドラムレンズ 3 1、第 1 のフォトダイオード 3 3、および第 2 のフォトダイオード 3 4 にて波長モニタ装置が構成され、この波長モニタ装置と半導体レーザ 3 0 と恒温化素子 3 5 をパッケージ内に収容して半導体レーザ装置が構成され、更にこの半導体レーザ装置、A P C 回路 2 6 および波長制御回路 3 6 を基板上に搭載して所謂光送信器が構成されるが、ここでは光送信器も含めて半導体レーザ装置と呼ぶことにする。なお、波長モニタ装置の他の例として、半導体レーザ装置 3 0 からの前方出力光を光導波路に接続させ、その光導波路の出力がドラムレンズ 3 1 を経て、第 1 のフォトダイオード 3 3、第 2 のフォトダイオード 3 4 に入射するように構成したもの、あるいは半導体レーザ装置 3 0 からの前方出力光を分光器で分光させた光をドラムレンズ 3 1 を経て、第 1 のフォトダイオード 3 3、第 2 のフォトダイオード 3 4 に入射するように構成したものであっても、この実施の形態に係る発明の主旨とするところは同じである。

【 0 0 5 8 】

次に動作について説明する。

半導体レーザ 3 0 から出射された光信号はドラムレンズ 3 1 において 1 軸集光される。つまり、光信号は x 軸方向に集光されるものの、y 軸方向に対し集光されない。この 1 軸集光された光信号の上方部分は直接に第 1 のフォトダイオード 3 3 において受光される。第 1 のフォトダイオード 3 3 は受光した光信号の光信号強度 $S 1$ を検出しモニタし、この光信号強度 $S 1$ と予め設定された光信号強度との差が実施の形態 1 と同様に A P C 回路 2 6 において算出される。光信号強度

S 1 は半導体レーザ 3 0 の光出力を示しているもので、その差に応じて半導体レーザ 3 0 への入力ドライブ電流が A P C 回路 2 6 によって調整され、半導体レーザ 3 0 の光出力は一定に制御される。また、この 1 軸集光された光信号の下方部分は波長フィルタ 3 2 を透過する。波長フィルタ 3 2 は入射光の波長に依存する一定の割合で入射光の強度を減ずる。つまり、波長フィルタ 3 2 は波長弁別特性を示す。その後、波長フィルタ 3 2 を透過した光信号は第 2 のフォトダイオード 3 4 において受光される。第 2 のフォトダイオード 3 4 は波長フィルタ 3 2 を透過した光信号の光信号強度 S 2 を検出しモニタし、波長制御回路 3 6 は信号強度比 $S 2 / S 1$ を算出する。信号強度比 $S 2 / S 1$ は、光信号強度 S 1 の値に関係なく、光信号の波長と設定波長とのずれを示す。それで、波長制御回路 3 6 は信号強度比 $S 2 / S 1$ および予め設定された信号強度比にもとづき恒温化素子 3 5 を制御して光信号の波長が設定波長になるように半導体レーザ 3 0 の温度を調整し、半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の波長を所望の波長に制御する。なお、実施の形態 1 と同様にサーミスタと A T C 回路を設けて恒温化素子 3 5 を制御しても良く、この場合は、サーミスタの検出温度に基づいて A T C 回路によって半導体レーザ 3 0 の設定温度を一定に保つように制御し、また波長検出回路の出力に応じて当該設定温度を波長が一定になるように調整を行う（これにより、A T C 回路を設けない場合と比べて波長制御回路 3 6 の時定数が大きくなりノイズが強くなる。）。また、上述の例では恒温化素子 3 5 の温度制御によって半導体レーザ 3 0 の波長を安定化させる例について述べたが、A C C (Auto Current Control) 回路を設けることにより、半導体レーザ 3 0 に印加して半導体レーザ 3 0 を駆動するための入力ドライブ電流を、波長制御回路 3 6 の出力に応じて調整し、光信号の波長が一定になるように制御する構成を用いても良い。

【 0 0 5 9 】

次に、ドラムレンズ 3 1 において 1 軸集光する理由を述べる。たとえば実施の形態 1 においては、y 軸方向に並列に並べた 2 つのフォトダイオード 3 3, 3 4 の全開口面積に比べてサイズが同程度もしくはそれ以下の円形ビームの光信号が半導体レーザ 1 から両軸集光のレンズ 3 を介してフォトダイオード 5, 6 で受光される（図 1 0 (A) 参照）。レンズ 3 等の光学部品に位置ずれが生じてフォト

ダイオード 5, 6 で受光される光信号が x 軸方向へ少しだけずれた場合、それぞれのフォトダイオード 5, 6 で受光される光信号のビーム面積は依然としてほぼ同じであり（図 1 0 (B) 参照）、フォトダイオード 5, 6 でモニタされる光信号強度 S_1 , S_2 はほぼ同じ割合で増減する。それで、信号強度比 S_2 / S_1 は x 軸方向への位置ずれにもかかわらずほとんど変化しない。しかしながら、ある程度の位置ずれが x 軸方向へ生じた場合、光信号はフォトダイオード 5, 6 で十分に受光されなくなり、波長制御はできなくなる。また、フォトダイオード 5, 6 で受光される光信号が位置ずれにより y 軸方向へずれた場合、それぞれのフォトダイオード 5, 6 で受光される光信号のビーム面積は大幅に異なることになり（図 1 0 (C) 参照）、信号強度比 S_2 / S_1 はかなり変動し、波長制御において誤作動を引き起こす原因となる。このような不具合を解消するために、本実施例では、入射光を x 軸方向に集光するものの y 軸方向に対し集光作用を有しないドラムレンズ 3 1 を使用する。この場合、フォトダイオード 3 3, 3 4 で受光される光信号のビーム径は x 軸方向で短く y 軸方向で長くなる（図 1 1 (A) 参照）。それで、光信号の y 軸方向のビーム径よりも十分に小さい受光部を有するフォトダイオード 3 3, 3 4 を用いることにより、ドラムレンズ 3 1 等の光学部品に y 軸方向への位置ずれが生じても光信号の y 軸方向におけるビームが常にフォトダイオード 3 3, 3 4 に入射することになる（図 1 1 (B) 参照）。光信号のビームの y 軸方向での中心部分では x 軸方向のビーム径はほぼ一定であるため、信号強度比 S_2 / S_1 は y 軸方向の位置ずれにもかかわらずほとんど変化しない。また、光信号の x 軸方向のビーム径よりも十分に大きい受光部を有するフォトダイオード 3 3, 3 4 を用いることにより、x 軸方向への位置ずれが生じても光信号のビームが x 軸方向においてフォトダイオード 3 3, 3 4 の受光部からはずれることはない（図 1 1 (C) 参照）。それで、信号強度比 S_2 / S_1 は x 軸方向の位置ずれにもかかわらず変化しない。また、z 軸方向への位置ずれが生じてもフォトダイオード 3 3, 3 4 上での光信号のビームの大きさが多少変動するだけであり、信号強度比 S_2 / S_1 は z 軸方向の位置ずれにもかかわらず変化しない。

【 0 0 6 0 】

その結果、半導体レーザ 3 0、ドラムレンズ 3 1 またはフォトダイオード 3 3、3 4 にいかなる方向に位置ずれが生じて信号強度比 S_2 / S_1 は実質的に変化せず、したがって位置ずれが生じてても常に正確に波長制御がなされる。

【0 0 6 1】

以上で明らかなように、この実施の形態 6 によれば、半導体レーザ 3 0 から出射される光信号を集光するドラムレンズ 3 1 をその長手方向が y 軸方向に一致するように配置し、かつ x 軸方向に横長のフォトダイオード 3 3、3 4 を y 軸方向に並列に配置するように構成したので、ドラムレンズ 3 1 で得られる x 軸方向に集光されるものの y 軸方向に対し集光されない光信号は、その y 軸方向のビーム径がフォトダイオード 3 3、3 4 の y 軸方向の合計長さよりも十分に大きくかつ x 軸方向のビーム径が x 軸方向長さよりも十分に小さい状態で、フォトダイオード 3 3、3 4 で受光される。それで、半導体レーザ 3 0、ドラムレンズ 3 1 またはフォトダイオード 3 3、3 4 にいかなる方向に位置ずれが生じてても常に正確に波長モニタすることができる効果を奏する。また、モニタされた波長に基づき半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の制御を行うことができる効果を奏する。

【0 0 6 2】

この実施の形態 6 では、半導体レーザ 3 0 から出射される光信号が x 軸方向に集光されるようにドラムレンズ 3 1 が用いられたが、ドラムレンズ 3 1 を透過した光信号のビームが x z 面に平行な平面において z 軸方向に沿って平行化（コリメート）されるように半導体レーザ 3 0 とドラムレンズ 3 1 との距離を設定してもよい。この場合、フォトダイオード 3 3、3 4 での反射光角度は狭い範囲に限定されるので、フォトダイオード 3 3、3 4 で反射した光が戻り光として半導体レーザ 3 0 に戻る現象を防ぐ対策を容易に行うことができる効果を奏する。

【0 0 6 3】

また、この実施の形態 6 では、横長のフォトダイオード 3 3、3 4 が用いられた。しかしながら、縦長のフォトダイオードを y 軸方向に並べてもよい。この場合、ドラムレンズ 3 1 で入射光を x 軸方向に集光する度合いを上げる必要があるものの、フォトダイオードで受光する光の量が増えるので、波長制御をさらに精度よく行うことができるようになる効果を奏する。

【 0 0 6 4 】

また、ドラムレンズ 3 1 は鉛一錫の合金に比べて融点の高い金一錫または合金に比べて融点の高いガラスを用いてベースキャリアに固定されているので、波長フィルタ装置の製造における後工程でドラムレンズ 3 1 またはベースキャリアの温度が上昇してもドラムレンズ 3 1 に位置ずれが生じる可能性は大幅に減少する効果を奏する。また、金一錫の合金の引張強度 (29 kg f/mm^2 程度) は鉛一錫の合金の引張強度 (5.6 kg f/mm^2 程度) よりも大きいので、外部から与えられる波長フィルタ装置への機械的衝撃によりドラムレンズ 3 1 に位置ずれが生じる可能性は大幅に減少する効果を奏する。

【 0 0 6 5 】

また、この実施の形態 6 では、ベースキャリア (図示省略) 上に縦置きで配置されるドラムレンズ 3 1 の位置決めが難しくなる可能性がある。このような場合、図 1 2 に示すように、ドラムレンズ 3 1 の下端面近くをエッジ形状に切り欠き部 3 1 a を形成し、この切り欠き部 3 1 a に位置決め部材 3 7 を当てることによってドラムレンズ 3 1 の位置決めを行うようにしてもよい。また、ドラムレンズ 3 1 の他の位置決め方法として、位置決め部材 3 7 に、y 軸方向を溝方向とした V 字形状の切り欠き溝を設けて、溝面にドラムレンズ 3 1 の円筒面を当接させても良い。もしくは、位置決め部材 3 7 を L 字状に切り欠き、ドラムレンズ 3 1 の円筒面をこの L 字状の 2 面に当接させても良い。

【 0 0 6 6 】

また、この実施の形態 6 では、ドラムレンズ 3 1 は半導体レーザ 3 0 と波長フィルタ 3 2 との間に配置されたが、波長の検出精度に問題のない限りで波長フィルタ 3 2 とフォトダイオード 3 3, 3 4 との間に配置してもよい。

【 0 0 6 7 】

また、この実施の形態 6 では、第 1 のフォトダイオード 3 3 は第 2 のフォトダイオード 3 4 の上方に配置されたが、第 1 のフォトダイオード 3 3 を第 2 のフォトダイオード 3 4 の下方に配置してもよい。この場合、波長フィルタ 3 2 は、ドラムレンズ 3 1 で 1 軸集光された光信号の上方部分の光を透過させて光強度を減ずるように配置される。さらに、第 1、第 2 のフォトダイオード 3 3, 3 4 の各

取付面は、互いに平行であって半導体レーザに対向する位置にあれば、両取付面間に段差が有っても良い。

【 0 0 6 8 】

また、この実施の形態 6 では、信号強度比 S_2 / S_1 に基づいて波長制御が行われるので、半導体レーザ 30 から出射される光信号の強度の変動の有無にかかわらず波長制御を精度よく行うことができる。それで、波長制御のみの観点から言えば、APC 回路 26 は必ずしも必要とはしない。

【 0 0 6 9 】

実施の形態 7.

図 13 はこの発明の実施の形態 7 による波長モニタ装置を斜め側方から見た構成図である。実施の形態 6 ではドラムレンズ 31 はその長手方向が y 軸方向に一致するように配置されかつフォトダイオード 33, 34 は y 軸方向に並列に配置されたが、実施の形態 7 ではドラムレンズ 31 はその長手方向が x 軸方向に一致するように配置されかつ y 軸方向に縦長のフォトダイオード 33, 34 が x 軸方向に並列に配置される。それで、ドラムレンズ 31 で集光された透過光は水平方向 (x 軸方向) に長く上下方向 (y 軸方向) に短い横長の楕円形状となり、その x 軸方向のビーム径はフォトダイオード 33, 34 の x 軸方向の合計長さよりも十分に大きくかつ y 軸方向のビーム径はフォトダイオード 33, 34 のそれぞれの y 軸方向長さよりも十分に小さい。フォトダイオード 33, 34 は x 軸方向に並列に配置されているので、実施の形態 6 と同様に、半導体レーザ 30 またはドラムレンズ 31 にいかなる方向に位置ずれが生じて信号強度比 S_2 / S_1 は実質的に変化せず、したがって位置ずれが生じてても常に正確に波長制御がなされる。

【 0 0 7 0 】

以上で明らかなように、この実施の形態 7 によれば、半導体レーザ 30 から出射される光信号を集光するドラムレンズ 31 をその長手方向が x 軸方向に一致するように配置し、かつ y 軸方向に縦長のフォトダイオード 33, 34 を x 軸方向に並列に配置するように構成したので、ドラムレンズ 31 で得られる y 軸方向に集光されるものの x 軸方向に対し集光されない光信号は、その x 軸方向のビーム径がフォトダイオード 33, 34 の x 軸方向の長さ合計よりも十分に大きくかつ

y 軸方向のビーム径がフォトダイオード 3 3, 3 4 の y 軸方向長さよりも十分に小さい状態で、フォトダイオード 3 3, 3 4 で受光される。それで、半導体レーザ 3 0 またはドラムレンズ 3 1 にいかなる方向に位置ずれが生じてても常に正確に波長モニタすることができる効果を奏する。また、モニタされた波長に基づき半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の制御を行うことができる効果を奏する。

【 0 0 7 1 】

この実施の形態 7 では、ベースキャリア 1 1 (図示省略) 上にドラムレンズ 3 1 は横置きで配置されるので、ドラムレンズ 3 1 がベースキャリア 1 1 上で転がり易く位置決めが難しくなる。それで、図 1 4 に示すように、ドラムレンズ 3 1 表面に互いに対向する 2 つの平面部 (切り込み部) 3 8 を設け、片方の平面部 3 8 がベースキャリア 1 1 に接するようにドラムレンズ 3 1 をベースキャリア 1 1 上に配置してもよい。この場合、光信号が通過するドラムレンズ 3 1 表面上に光反射防止剤 (AR コート) をコーティングするのが一般的であるので、ベースキャリア 1 1 上にドラムレンズ 3 1 を配置する作業において光反射防止剤がコーティングされていない 2 つの平面部 3 8 を把持することによって配置作業の能率化を図ることができるとともに、配置作業においてドラムレンズ 3 1 表面上にコーティングされた光反射防止剤を傷つける恐れが無いという効果を奏する。

【 0 0 7 2 】

また、この実施の形態 7 では、半導体レーザ 3 0 から出射される光信号 y 軸方向に集光するようなドラムレンズ 3 1 を用いたが、ドラムレンズ 3 1 を透過した光信号のビームが y z 面に平行な平面において z 軸方向に沿って平行化 (コリメート) されるように半導体レーザ 3 0 とドラムレンズ 3 1 との距離を設定してもよい。この場合、フォトダイオード 3 3, 3 4 での反射光角度は狭い範囲に限定されるので、フォトダイオード 3 3, 3 4 で反射した光が戻り光として半導体レーザ 3 0 に戻る現象を防ぐ対策を容易に行うことができる効果を奏する。

また、この実施の形態 7 では、縦長のフォトダイオード 3 3, 3 4 が用いられた。しかしながら、x 軸方向に横長のフォトダイオードを x 軸方向に並べてもよい。この場合、ドラムレンズ 3 1 で入射光を y 軸方向に集光する度合いを上げる必要があるものの、フォトダイオードで受光する光の量が増えるので、波長制御

をさらに精度よく行うことができるようになる効果を奏する。

【 0 0 7 3 】

実施の形態 8.

図 1 5 はこの発明の実施の形態 8 による波長モニタ装置を xz 面に平行な平面（または真上）から見た構成図であり、図 1 6 はフォトダイオードに入射する光信号の入射角および反射光の反射角を説明する図である。実施の形態 6 においてフォトダイオード 3 3, 3 4 上で光信号の一部は反射し、その反射光の一部が半導体レーザ 3 0 の出射面に戻り光として戻り半導体レーザ 3 0 の特性を劣化させる可能性がある。また、半導体レーザ 3 0 の出射面の反射率は高く設定されているので、半導体レーザ 3 0 の出射面といずれかのフォトダイオード 3 3, 3 4 との間で光信号が共振され、この共振された光信号がフォトダイオード 3 3, 3 4 においてノイズとして検出され、波長制御が正確に行うことができなくなる可能性がある。半導体レーザ 3 0 への戻り光の発生は、フォトダイオード 3 3, 3 4 に入射する光信号の一部が正反射（反射光がドラムレンズ 3 1 へ戻るような反射）して半導体レーザ 3 0 の出射面に戻ることに起因する。そこで実施の形態 8 での波長モニタ装置は、フォトダイオード 3 3, 3 4 に入射する光信号の全てが正反射にならないようにフォトダイオード 3 3, 3 4 を y 軸回りに回転させることによって傾けている。

【 0 0 7 4 】

図 1 5 において、半導体レーザ 3 0、ドラムレンズ 3 1、波長フィルタ 3 2 およびフォトダイオード 3 3, 3 4 からなる光学系の光軸（光ビームの中心軸に一致する）に対するドラムレンズ 3 1 を透過した光信号のビームの最大角度を α で表した場合、この最大角度 α でフォトダイオード 3 3, 3 4 へ入射した光信号の反射光がドラムレンズ 3 1 への方向へ戻らないように、フォトダイオード 3 3, 3 4 を y 軸回りに回転させることによって傾けて配置される。言い換えれば、フォトダイオード 3 3, 3 4 を y 軸回りに回転させることによって角度 α より大きい角度 β で傾けて配置すると光信号の全てが正反射にならない。図 1 6 に示すように、フォトダイオード 3 3, 3 4 を y 軸左回りで傾けた場合、 x 軸の正の方向へ光軸に対し最大角度 α で進む光信号のビームは、傾けられたフォトダイオード

33, 34へその受光面の法線に対しx軸の負の方向側の入射角 $\beta - \alpha$ で入射し、x軸の負の方向へ光軸に対して角度 α より大きい角度 $2\beta - \alpha$ で光信号は反射される。x軸の負の方向へ光軸に対し最大角度 α で進む光信号のビームは、x軸の負の方向へ光軸に対して角度 α より大きい角度 $2\beta + \alpha$ で反射される。同様に、フォトダイオード33, 34をy軸右回りで傾けた場合、x軸の負の方向へ光軸に対し最大角度 α で進む光信号のビームは、傾けられたフォトダイオード33, 34へその受光面の法線に対しx軸の負の方向側の入射角 $\beta - \alpha$ で入射し、x軸の正の方向へ光軸に対して角度 α より大きい角度 $2\beta - \alpha$ で光信号は反射される。x軸の正の方向へ光軸に対し最大角度 α で進む光信号のビームは、x軸の正の方向へ光軸に対して角度 α より大きい角度 $2\beta + \alpha$ で反射される。

【0075】

具体例として、ドラムレンズ31の直径が2mmであって、半導体レーザー30とドラムレンズ31との距離が0.9mmである場合、フォトダイオード33, 34をy軸右回りまたは左回りで角度20度より大きい角度で傾けることにより、フォトダイオード33, 34に入射する光信号の全てが正反射にならない。

【0076】

以上で明らかなように、この実施の形態8によれば、光信号のビームの光軸に対する最大角度 α より大きい角度 β でフォトダイオード33, 34をy軸回りに回転させることによって傾けるように構成したので、フォトダイオード33, 34に入射する光信号の全てが正反射にならない。したがって、反射光が半導体レーザー30の出射面に戻り光として達することはないので、戻り光に起因する半導体レーザー30の光出射特性の劣化を防ぐ効果を奏する。また、反射率が高く設定された半導体レーザー30の出射面といずれかのフォトダイオード33, 34との間で光信号が共振され、この共振された光信号がフォトダイオード33, 34においてノイズとして検出されるようなことを防ぐことができる効果を奏する。

【0077】

この実施の形態8では、実施の形態6におけるドラムレンズ31の配置に基づき、フォトダイオード33, 34が傾けられ、光信号がフォトダイオード33, 34で側方(x軸方向)へ反射された。しかしながら、実施の形態7におけるド

ラムレンズ 3 1 の配置に基づき、フォトダイオード 3 3, 3 4 を傾けるようにしてもよい。この場合、光信号がフォトダイオード 3 3, 3 4 で上方（ y 軸正の方向）へ反射されるように、フォトダイオード 3 3, 3 4 を x 軸回りに回転させることによって光信号のビームの光軸に対する最大角度 α より大きい角度 β で傾けるように構成すればよい。

【 0 0 7 8 】

実施の形態 9.

図 1 7 はこの発明の実施の形態 9 による波長モニタ装置を $y z$ 面に平行な平面（または真横）から見た構成図であり、図 1 8 はフォトダイオードに入射する光信号および反射する光信号の光軸に対する角度を説明する図である。実施の形態 6 において光信号のうち下方へ進行するビーム部分がフォトダイオード 3 3, 3 4 上で反射すると、その反射光は下方へ向くので、その反射光がベースキャリア 1 1 等の部品においてさらに反射を繰り返し、最終的にフォトダイオード 3 3, 3 4 においてノイズとして検出され、波長制御を正確に行うことができなくなる可能性がある。実施の形態 9 では、フォトダイオード 3 3, 3 4 において反射する光が全て上方へ向くように、フォトダイオード 3 3, 3 4 を x 軸回りに回転させることによって、フォトダイオード 3 3, 3 4 を上向き（ y 軸正の方向）に傾けることに特徴がある。なお、ドラムレンズ 3 1 は y 軸方向への集光作用はなく、かつ第 1 のフォトダイオード 3 3 は第 2 のフォトダイオード 3 4 の真上に配置されているので、第 1 のフォトダイオード 3 3 からの反射光は第 2 のフォトダイオード 3 4 の反射光よりもさらに上方向へ向く。それで、第 2 のフォトダイオード 3 4 の下端で反射する光信号のビームが上方向へ向くようにフォトダイオード 3 3, 3 4 を傾ければよい。

【 0 0 7 9 】

図において、半導体レーザ 3 0、ドラムレンズ 3 1、波長フィルタ 3 2 およびフォトダイオード 3 3, 3 4 からなる光学系において、フォトダイオード 3 3, 3 4 の光軸と交差する点と半導体レーザ 3 0 との間の光学長（両者間の光伝搬路に有する各光学部品の屈折率と長さの積と、空間の長さとの和）を L で表し、光軸と第 2 のフォトダイオード 3 4 の下端との光学長を D で表すと、フォトダイオ

ード 3 3, 3 4 は x 軸回りの回転により上向きに角度 $\theta_0 = \tan^{-1} (D/L)$ よりも大きい角度 θ で傾けて配置される。この場合、光軸に対し角度 θ_0 で第 2 のフォトダイオード 3 4 の下端へ入射する光信号は、傾けられた第 2 のフォトダイオード 3 4 の受光面の下端へ y 軸の負の方向側の入射角 $\theta - \theta_0$ で入射し、光軸に対して角度 θ_0 以上である角度 $2\theta - \theta_0$ で光信号は y 軸の正の方向へ反射される (図 1 8 参照)。

【 0 0 8 0 】

以上で明らかなように、この実施の形態 9 によれば、フォトダイオード 3 3, 3 4 を x 軸回りに回転させることによって上向き (y 軸正の方向) に角度 $\theta_0 = \tan^{-1} (D/L)$ よりも大きい角度 θ で傾けるように構成したので、フォトダイオード 3 3, 3 4 において反射する光信号のビームが全て上方へ向くようになる。したがって、この反射した光信号がフォトダイオード 3 3, 3 4 においてノイズとして検出されるようなことを防ぐことができる効果を奏する。

【 0 0 8 1 】

この実施の形態 9 では、実施の形態 6 におけるドラムレンズ 3 1 の配置に基づき、フォトダイオード 3 3, 3 4 が傾けられた。しかしながら、実施の形態 7 におけるドラムレンズ 3 1 の配置に基づき、フォトダイオード 3 3, 3 4 を傾けるようにしてもよい。この場合、光信号がフォトダイオード 3 3, 3 4 で側方へ反射されるように、フォトダイオード 3 3, 3 4 を y 軸回り (y 軸右回りおよび y 軸左回りのいずれでもよい) に回転させて角度 $\theta_0 = \tan^{-1} (D/L)$ よりも大きい角度 θ で傾けるように構成すればよい。

【 0 0 8 2 】

実施の形態 1 0.

図 1 9 はこの発明の実施の形態 1 0 による波長モニタ装置を x z 面に平行な平面 (または真上) から見た構成図である。実施の形態 8 では光学系の光軸に対してドラムレンズ 3 1 は対称に配置されていたが、実施の形態 1 0 ではドラムレンズ 3 1 を x 軸の正の方向 (または負の方向) へずらして配置する。

【 0 0 8 3 】

図において、フォトダイオード 3 3, 3 4 を y 軸右回り (または y 軸左回り)

で傾けるとともに、ドラムレンズ 3 1 の中心軸（軸線）を、光軸の中心と交差する位置から x 軸の正の方向（または負の方向）へずらして配置する。この場合、半導体レーザ 3 0 からドラムレンズ 3 1 へ入射する光信号はドラムレンズ 3 1 の中心軸が x 軸の正の方向（または負の方向）へずれるので、実施の形態 8 と比べて、ドラムレンズ 3 1 を通過した光信号の向きは、実施の形態 8 と比べて x 軸の負の方向（または正の方向）へ傾いて、第 1、第 2 のフォトダイオード 3 3、3 4 へ入射することになる。それで、第 1、第 2 のフォトダイオード 3 3、3 4 で反射した光信号は、実施の形態 8 と比べて、さらに半導体レーザ 3 0 と離れる方向へ進む。

【 0 0 8 4 】

以上で明らかなように、この実施の形態 1 0 によれば、フォトダイオード 3 3、3 4 を y 軸右回り（または y 軸左回り）で傾けるとともに、ドラムレンズ 3 1 を光軸から x 軸の正の方向（または負の方向）へずらして配置するように構成したので、反射光が半導体レーザ 3 0 の出射面に戻り光として達することはさらに防がれ、戻り光に起因する半導体レーザ 3 0 の光出射特性の劣化をさらに防ぐことができる効果を奏する。

【 0 0 8 5 】

この実施の形態 1 0 では、実施の形態 6 におけるドラムレンズ 3 1 の配置に基づき、ドラムレンズ 3 1 の位置がずらされた。しかしながら、実施の形態 7 におけるドラムレンズ 3 1 の配置に基づきドラムレンズ 3 1 の位置をずらしてもよい。この場合、光信号がフォトダイオード 3 3、3 4 でさらに上方へ反射されるように、ドラムレンズ 3 1 を光軸から y 軸の正の方向へずらして配置するように構成すればよい。

【 0 0 8 6 】

実施の形態 1 1.

図 2 0 はこの発明の実施の形態 1 1 による波長モニタ装置を斜め上方から見た構成図である。実施の形態 6 では、半導体レーザ 3 0 から出射される光信号の一部はフォトダイオード 3 3、3 4 で受光されることなく余分な光（迷光）として波長モニタ装置を囲むパッケージの壁（図示省略）、ベースキャリア 1 1（図示

省略) および他の部材などで多重反射を繰り返し、これらの部材および壁において徐々に吸収されていく。しかしながら、十分に迷光が減衰する前にフォトダイオード33, 34で検出された場合、波長制御においてノイズとなる。本実施の形態では迷光がノイズとなることを防ぐ波長モニタ装置について述べる。

【0087】

図において、41はドラムレンズ31と波長フィルタ32との間に配置され、ドラムレンズ31側の面が吸光するように黒色塗装されたアパーチャである。アパーチャ41はドラムレンズ31を透過した光信号のうち第1、第2のフォトダイオード33, 34の受光部の方向へ向かう光信号のみを通すように開口部を有し、フォトダイオード33, 34の受光部の方向へ向かわない光信号は、アパーチャ41にて大部分が吸収され、また残りの部分が第1、第2のフォトダイオード33, 34に受光されないようにアパーチャ41より外側方向に反射される。また、ドラムレンズ31を透過した光信号のうちベースキャリア11(図示省略)で反射した後、波長フィルタ32を透過し、次いで第1のフォトダイオード33に達しようとする光信号はベースキャリア11で反射する前にアパーチャ41にて吸収される。

【0088】

以上で明らかなように、この実施の形態11によれば、アパーチャ41をドラムレンズ31と波長フィルタ32との間に配置するように構成したので、フォトダイオード33, 34の受光部の方向へ向かわない光信号はアパーチャ41にて吸収され、迷光が発生する可能性は大幅に小さくなり、波長モニタをさらに精度良く行うことができる効果を奏する。また、モニタされた波長に基づき半導体レーザ30から出射される光信号の制御をさらに精度良く行うことができる効果を奏する。

【0089】

また、波長フィルタ32を透過した後、第1のフォトダイオード33に達する光信号の発生がアパーチャ41によって防がれるので、波長モニタをさらに精度良く行うことができる効果を奏する。

【0090】

この実施の形態 1 1 では、アパーチャ 4 1 はドラムレンズ 3 1 と波長フィルタ 3 2 との間に配置された。しかしながら、半導体レーザ 3 0 とフォトダイオード 3 3, 3 4 との間に配置されるのであれば配置位置は制限されない。たとえば、半導体レーザ 3 0 とドラムレンズ 3 1 との間に配置してもよく、また波長フィルタ 3 2 とフォトダイオード 3 3, 3 4 との間に配置してもよい。また、アパーチャ 4 1 は一枚のみ配置されたが複数枚でもよい。この場合、迷光を吸収する機能が増す効果を奏する。また、アパーチャ 4 1 の開口部は円形形状であるがその形は制限されない。

【 0 0 9 1 】

実施の形態 1 2 .

図 2 1 はこの発明の実施の形態 1 2 による半導体レーザ装置を真横から見た構成図である。実施の形態 6 乃至 1 1 では半導体レーザ 3 0 から出射される後方出射光に関して述べたが、本実施の形態では半導体レーザ 3 0 から前方へ出射される出力光信号が反射してフォトダイオード 3 3, 3 4 でノイズとして検出されることを防ぐ半導体レーザ装置について述べる。

【 0 0 9 2 】

図において、5 1 は半導体レーザ 3 0 から前方へ出射される出力光信号を集光する第 1 レンズ（出力光レンズ）、5 2 は下側の幅が細く上側の幅が広い楔形形状に形成されるウインドウ（楔形ウインドウ）である。第 1 レンズ 5 1 で集光された出力光信号の主要部分はウインドウ 5 2 を透過するものの、一部はウインドウ 5 2 の表面で斜め方向へ反射する。この反射した出力光信号が第 1 レンズ 5 1 に入射しないようにウインドウ 5 2 と第 1 レンズ 5 1 との間隔は十分にとられている。5 3 は第 1 のレンズ 5 1 で集光されウインドウ 5 2 を透過した出力光信号を外部の光ファイバー 5 5 へほとんど減衰なく導くとともに光ファイバー 5 5 からの戻り光を遮断する光アイソレータであり、5 4 は光学部品 3 0, 3 1, 3 2, 3 3, 3 4、ベースキャリア 1 1 および恒温化素子 3 5 をパッケージングする金属のパッケージである。

【 0 0 9 3 】

次に動作について説明する。

半導体レーザ 3 0 から前方（図において左方向）へ出射される出力光信号は第 1 レンズ 5 1 で集光され、集光された出力光信号の主要部分はウインドウ 5 2 を透過し、光アイソレータ 5 3 をほとんど減衰することなく透過し、前方の光学系（図示省略）を介して外部の光ファイバー 5 5（図示省略）に結合する。また、第 1 レンズ 5 1 で集光された出力光信号の一部はウインドウ 5 2 の表面で反射して後方（図において右方向）へ進行する。また、前方の光学系からの戻り光が光アイソレータ 5 3 を透過してウインドウ 5 2 の表面へ入射する。この場合、ウインドウ 5 2 は下側の幅が細く上側の幅が広い楔形形状に形成されているので、第 1 レンズ 5 1 で集光された出力光信号がウインドウ 5 2 の表面で反射されると、後方の斜め下方向へ進むことになる。ウインドウ 5 2 と第 1 レンズ 5 1 との間隔は十分にとられているので、反射した出力光信号は、第 1 レンズ 5 1 での集光を受けることなく半導体レーザ 3 0 の下方へ進む。半導体レーザ 3 0 の下方にはベースキャリア 1 1 および恒温化素子 3 5 が配置されているので反射した出力光信号は進行を阻まれ半導体レーザ 3 0 より後方へ進行することはない。それで、反射した出力光信号がフォトダイオード 3 3, 3 4 でノイズとして検出されることはない。また、楔形形状に形成されるウインドウ 5 2 はその厚みが上下方向において徐々に変化する形状であるので、出力光信号がウインドウ 5 2 内部で共振を起こすようなことはない。

【 0 0 9 4 】

以上で明らかなように、この実施の形態 1 2 によれば、下側の幅が細く上側の幅が広い楔形形状に形成されるウインドウ 5 2 を半導体レーザ 3 0 から前方へ出射される出力光信号に対して設け、ウインドウ 5 2 と第 1 レンズ 5 1 との間隔を十分にあけるように構成したので、ウインドウ 5 2 で反射した出力光信号およびウインドウ 5 2 を透過する戻り光がフォトダイオード 3 3, 3 4 でノイズとして検出されることはない。

【 0 0 9 5 】

この実施の形態 1 2 では、楔形形状に形成されるウインドウ 5 2 を配置したが、平板のウインドウを、前方へ出射される出力光信号が後方斜め下方向に反射されるように、傾けて配置してもよい。この場合、半導体レーザ装置の構造は簡略

されるものの、平板のウインドウ内で出力光信号がエタロン効果で共振を起こす可能性がある。

【0096】

実施の形態13.

図22はこの発明の実施の形態13による波長モニタ装置を斜め上方から見た構成図である。実施の形態1で述べたように、温度変化および経年変化などによる光学部品のx軸方向におけるアライメント精度の劣化はy軸方向におけるそれよりも激しい。それで、フォトダイオード33, 34に要求されるx軸方向における光強度検出の精度はy軸方向におけるそれよりも高い。本実施の形態ではフォトダイオード33, 34のセット(ツインフォトダイオード)をxy面に平行な平面内においてx軸方向に複数個並べて配置し、x軸方向における光強度検出の精度を向上させた波長モニタ装置について述べる。

【0097】

図において、61は波長フィルタ32と同じ機能を有する横長な波長フィルタであって、ドラムレンズ31を透過した光信号がx軸方向に並列に配置される第2のフォトダイオード34群に達する前に入射光の波長に依存する一定の割合で入射光の強度を減ずる。フォトダイオード33, 34のセット群は、1つのフォトダイオード素子に複数の受光部を形成することによって得られ、受光部間の間隔は可能な限り狭く設定される。それで実施の形態6と比べて、x軸方向に比較的幅広な縦長の楕円形状を有する光信号のビームをフォトダイオード33, 34のセット群において受光することができる。つまり、x軸方向における受光面積が増えるのでx軸方向における光強度検出の精度(トレランス)が向上する。

【0098】

以上で明らかなように、この実施の形態13によれば、フォトダイオード33, 34のセットをxy面に平行な平面内においてx軸方向に複数個並べて配置するように構成したので、x軸方向における光強度検出の精度(トレランス)を向上させることができる効果を奏する。

【0099】

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、偏光ビームスプリッタを用いずに波長と光強度の両方をモニタでき、部品点数を抑えることができるため、製品コストの低減が可能である。また、フォトダイオードに入射する光線の伝播方向が1方向であるため、アライメントを容易に調整することが可能であるという効果がある。

【0100】

また、この発明によれば、波長をモニタするフォトダイオードと光強度をモニタするフォトダイオードが同一平面上にあるため、経年変化や温度変化がフォトダイオードの光電流出力に与える影響を小さくすることができる効果がある。

【0101】

また、この発明によれば、半導体レーザとフォトダイオードとの光軸精度を向上させることが可能である効果がある。

【0102】

また、この発明によれば、前記半導体レーザと前記第1および第2の光検出器との間にシリンドリカルレンズを配置することにより、半導体レーザ、シリンドリカルレンズまたは両光検出器に水平方向および上下方向により形成される面に平行な面内においていかなる方向に位置ずれが生じても、常に正確に波長モニタすることができる効果がある。

【0103】

また、この発明によれば、レンズの位置決め用に支持部材を設けたので、レンズの配置が容易に行うことができる効果がある。

【0104】

また、この発明によれば、第1の光検出器および第2の光検出器の受光面を傾けるように構成したので、戻り光に起因する半導体レーザの光出射特性の劣化を確実に防ぐことができる効果がある。

【0105】

また、この発明によれば、レンズの中心を光軸から第1の軸方向へずらすように構成したので、戻り光に起因する半導体レーザの光出射特性の劣化を防ぐことができる効果がある。

【0106】

また、この発明によれば、半導体レーザと第 1 および第 2 の光検出器との間にアパーチャを設けたので、迷光が発生する可能性は大幅に小さくなり、波長モニタをさらに精度良く行うことができる効果がある。

【0107】

また、この発明によれば、半導体レーザから出射される出力光信号をパッケージの外へ通す楔形形状のウインドウを備えたので、ウインドウからの戻り光が第 1 の光検出器または第 2 の光検出器でノイズとして検出されることを防止することができる効果がある。

【0108】

また、この発明によれば、半導体レーザと楔形ウインドウとの間に、ウインドウからの戻り光が入射しない位置にレンズを設け、楔形ウインドウで反射した戻り光が第 1 の光検出器または第 2 の光検出器でノイズとして検出されることをさらに防止することができる効果がある。

【0109】

また、この発明によれば、前記第 1 および第 2 の光検出器の少なくとも一方が複数のフォトダイオードより成るので、水平方向における光強度検出の精度（トランス）を向上させることができる効果がある。

【0110】

また、この発明によれば、前記半導体レーザが直接もしくは間接的に取り付けられた恒温化素子と、前記第 1 の光検出器の出力に基づいて前記恒温化素子を制御する制御回路とを備えたので、モニタされた光信号の波長に基づき光信号の波長を正確に制御することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 を示す波長モニタ装置の光学系図である。

【図 2】 この発明の実施の形態 1 における第 1 のフォトダイオード及び第 2 のフォトダイオードの光電流出力特性を示す図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 1 における半導体レーザ装置に適用される波長モニタ装置での波長安定化制御の方法を示す図である。

【図 4】 この発明の実施の形態 2 に使用するフォトダイオード形状である。

【図 5】 この発明の実施の形態 3 に使用してアライメント精度をさらに緩和することのできるフォトダイオード形状を示す図である。

【図 6】 この発明の実施の形態 4 に使用してアライメント精度をさらに緩和することのできるフォトダイオード形状を示す図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 5 に使用してアライメント精度をさらに緩和することのできるフォトダイオード形状を示す図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 6 による波長モニタ装置を斜め側方から見た構成図である。

【図 9】 図 8 に示される波長モニタ装置が用いられる半導体レーザ装置の波長制御系を示す波長モニタ装置のブロック図である。

【図 10】 実施の形態 1 にしたがって半導体レーザから出射される光信号の円形ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、（A）は光学部品の位置ずれがない場合に光信号の円形ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、（B）は光信号の円形ビームが両フォトダイオードの左側にずれて受光される状態を説明する図であり、（C）は光信号の円形ビームが両フォトダイオードの上方へずれて受光される状態を説明する図である。

【図 11】 実施の形態 6 にしたがって半導体レーザから出射される光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、（A）は光学部品の位置ずれがない場合に光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオード上で受光される状態を説明する図であり、（B）は光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオードの上方へずれて受光される状態を説明する図であり、（C）は光信号の縦長楕円ビームが両フォトダイオードの左側にずれて受光される状態を説明する図である。

【図 12】 ドラムレンズの下端面近くにエッジ形状に切り込み部を形成した状態を説明する図である。

【図 13】 この発明の実施の形態 7 による波長モニタ装置を斜め側方から

見た構成図である。

【図 1 4】 ドラムレンズ表面に設けられた互いに対向する 2 つの平面を説明する図である。

【図 1 5】 この発明の実施の形態 8 による波長モニタ装置を x z 面に平行な平面から見た構成図である。

【図 1 6】 フォトダイオードに入射する光信号の入射角および反射光の反射角を説明する図である。

【図 1 7】 この発明の実施の形態 9 による波長モニタ装置を y z 面に平行な平面（または真横）から見た構成図である。

【図 1 8】 フォトダイオードに入射する光信号および反射する光信号の光軸に対する角度を説明する図である。

【図 1 9】 この発明の実施の形態 1 0 による波長モニタ装置を x z 面に平行な平面から見た構成図である。

【図 2 0】 この発明の実施の形態 1 1 による波長モニタ装置を斜め上方から見た構成図である。

【図 2 1】 この発明の実施の形態 1 2 による半導体レーザ装置を真横から見た構成図である。

【図 2 2】 この発明の実施の形態 1 3 による波長モニタ装置を斜め上方から見た構成図である。

【図 2 3】 従来の波長モニタと光強度モニタを備えた波長モニタ装置の光学系図である。

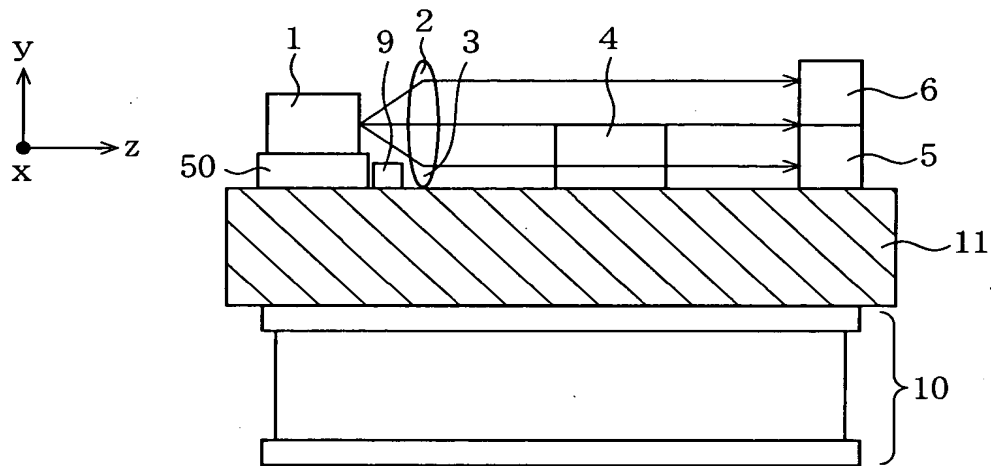
【符号の説明】

1 半導体レーザ、2 後方出射光信号、3 レンズ、4 波長フィルタ、5 第 1 のフォトダイオード、6 第 2 のフォトダイオード、7 第 1 のフォトダイオードからの光電流出力、8 第 2 のフォトダイオードからの光電流出力、9 サーミスタ、1 0 ペルチェ素子、1 1 ベースキャリア、1 2 フォトダイオード素子、1 3 フォトダイオード受光部、1 4 フォトダイオード受光部、1 5 フォトダイオード素子、1 6 フォトダイオード受光部、1 7 フォトダイオード受光部、1 8 フォトダイオード受光部、1 9 フォトダイオード受光

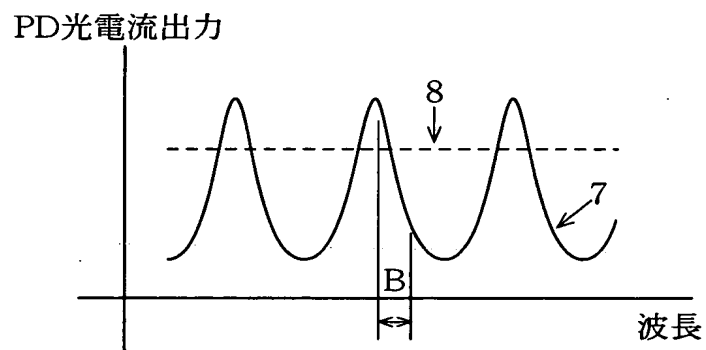
部、20 フォトダイオード素子、21 フォトダイオード受光部、22 フォトダイオード受光部、23 フォトダイオード素子、24 フォトダイオード受光部、25 フォトダイオード受光部、26 APC回路、27 ATC回路、30 半導体レーザ、31 ドラムレンズ（シリンドリカルレンズ）、31a 切り欠き部、32、61 波長フィルタ、33 第1のフォトダイオード（第1の光検出器）、34 第2のフォトダイオード（第2の光検出器）、35 恒温化素子、36 波長制御回路、37 位置決め部材、38 平面部（切り込み部）、41 アパーチャ、50 台座、51 第1レンズ（出力光レンズ）、52 ウィンドウ（楔形ウィンドウ）、53 光アイソレータ、54 パッケージ、55 光ファイバー。

【書類名】 図面

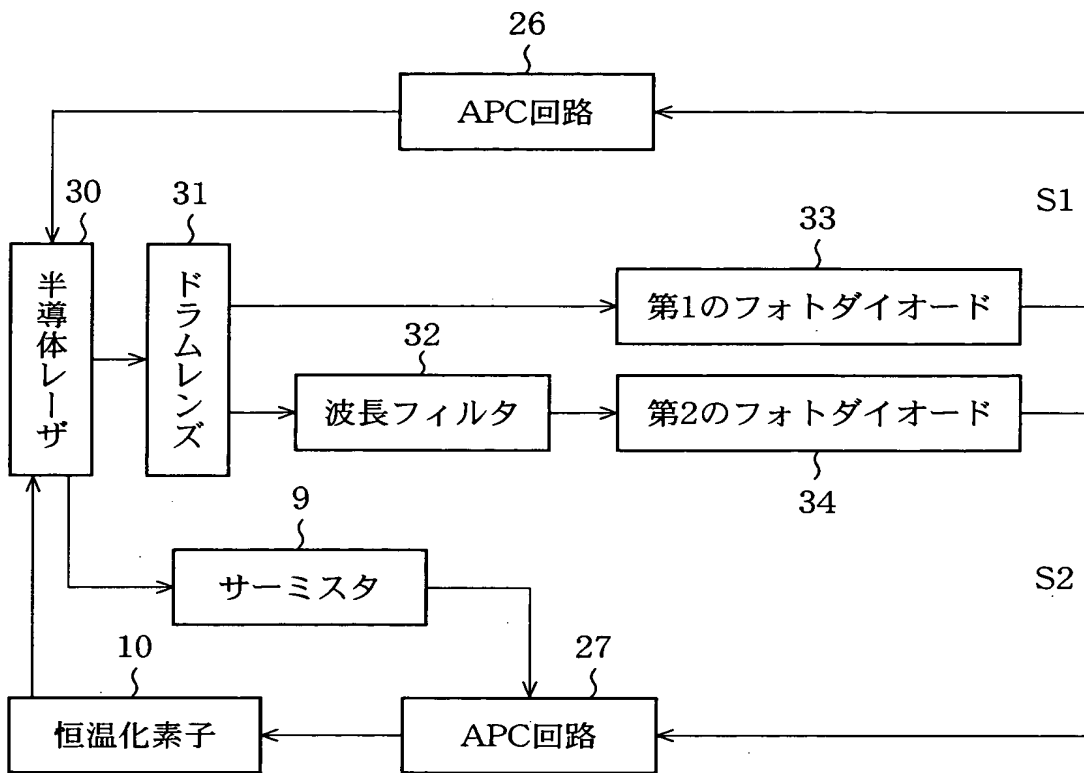
【図 1】



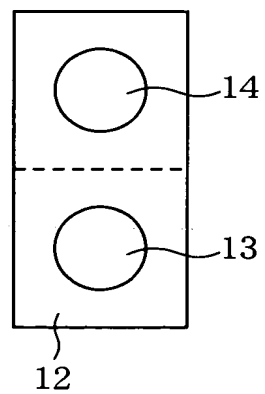
【図 2】



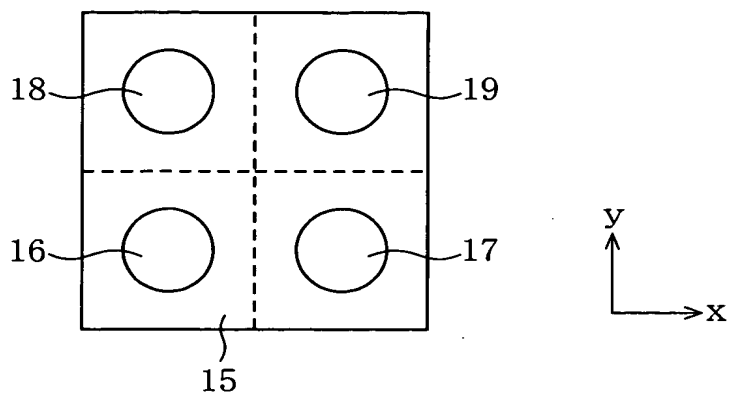
【図 3】



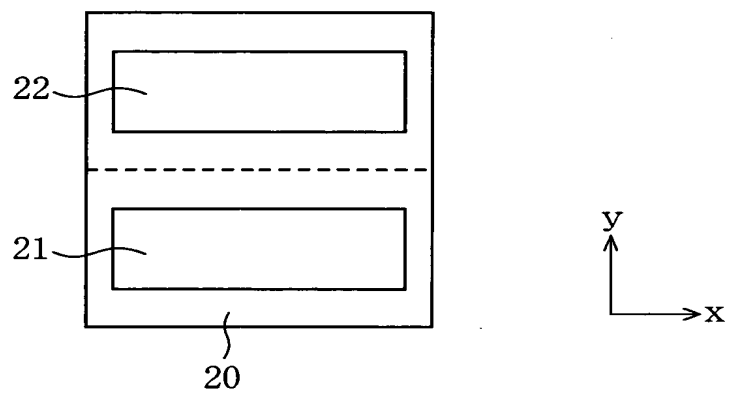
【図 4】



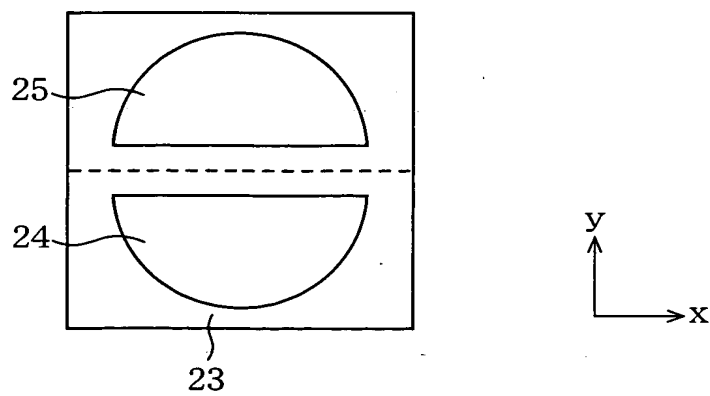
【図 5】



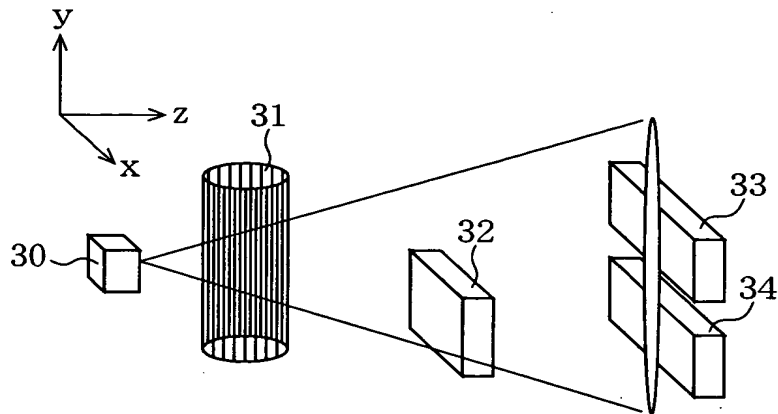
【図 6】



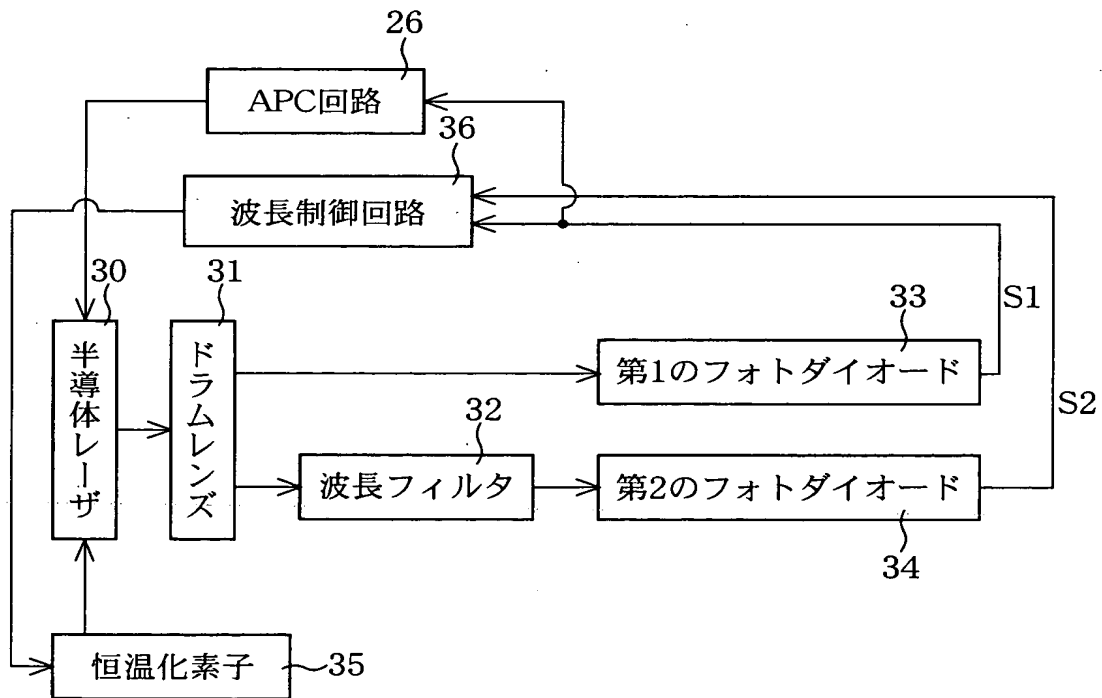
【図 7】



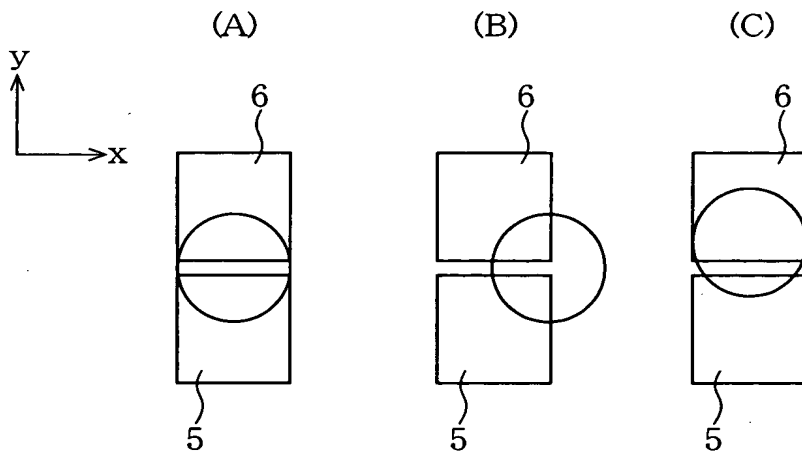
【図 8】



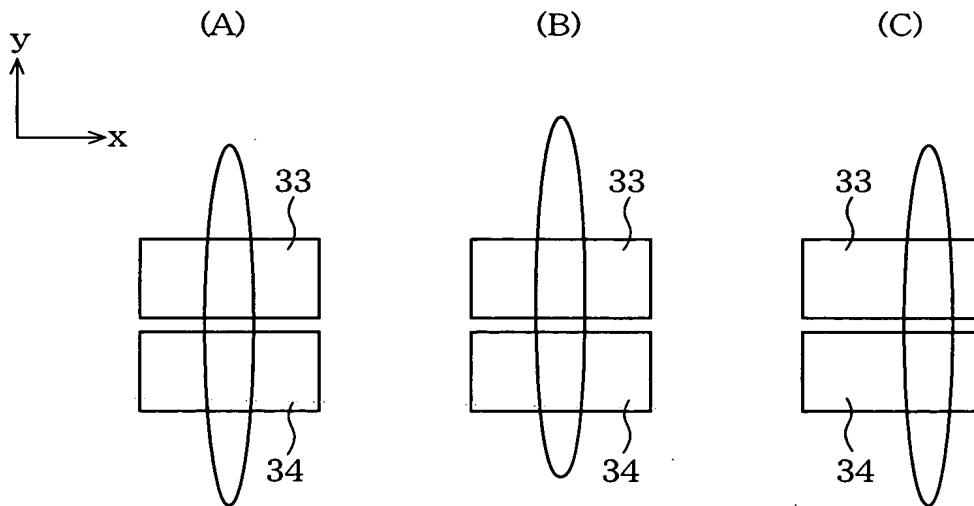
【図 9】



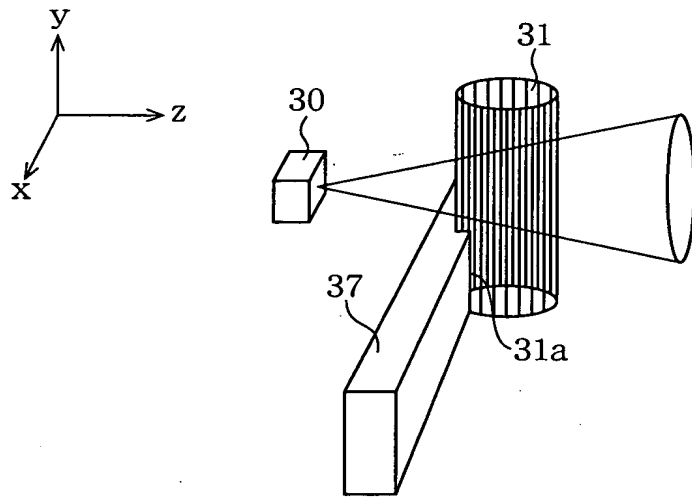
【図 1 0】



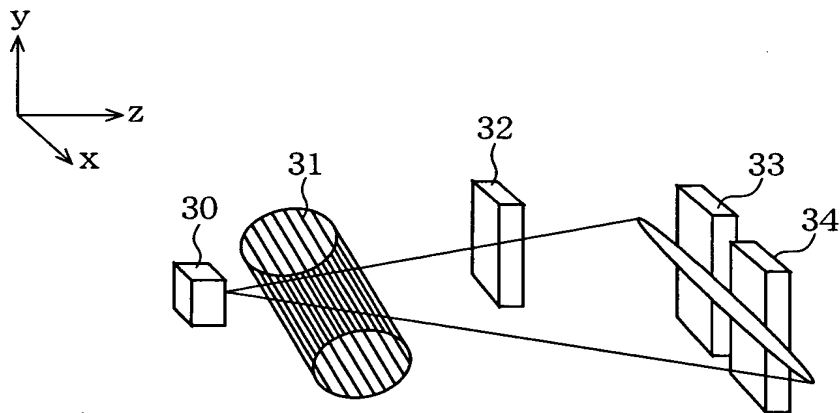
【図 1 1】



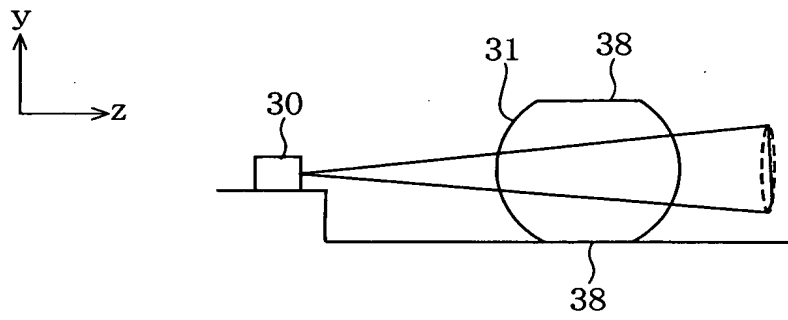
【図 1 2】



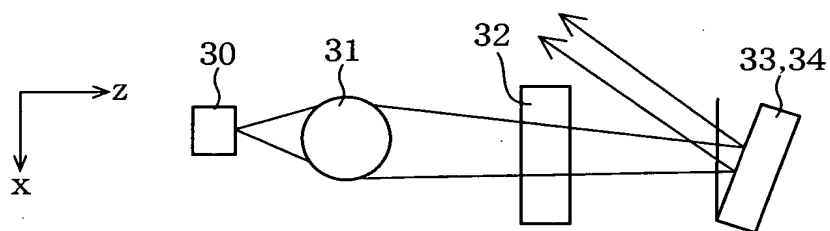
【図 1 3】



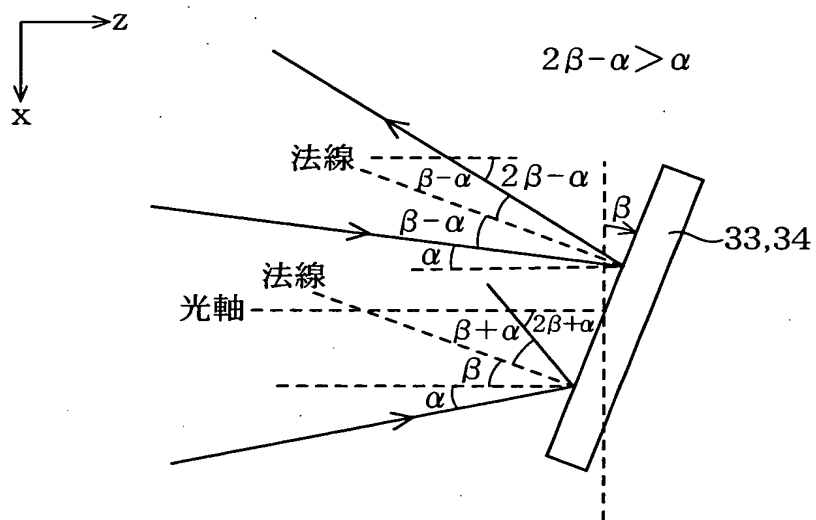
【図 1 4】



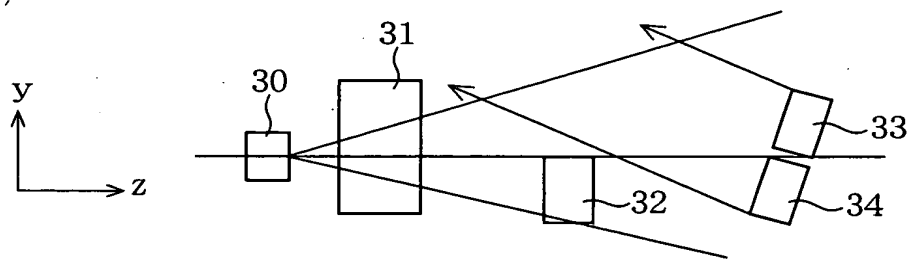
【図 1 5】



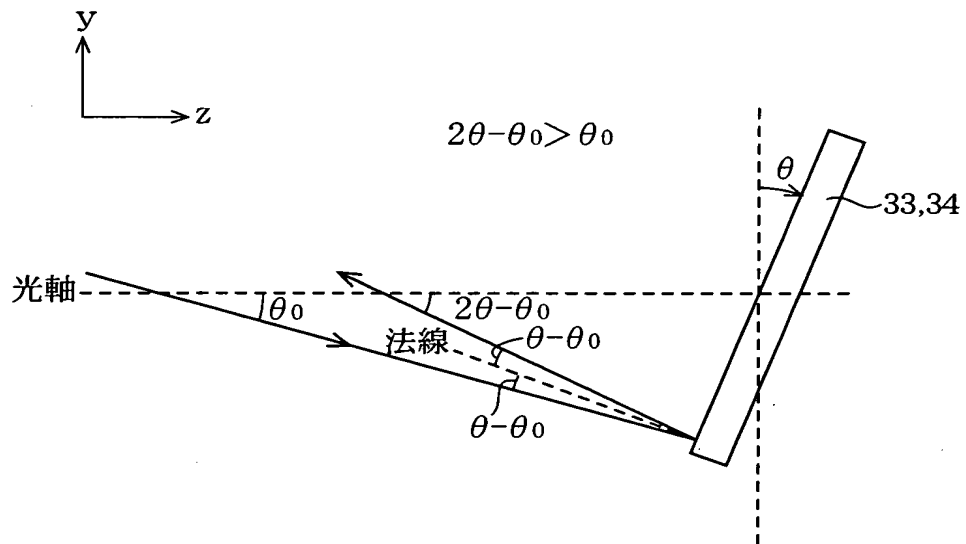
【図 16】



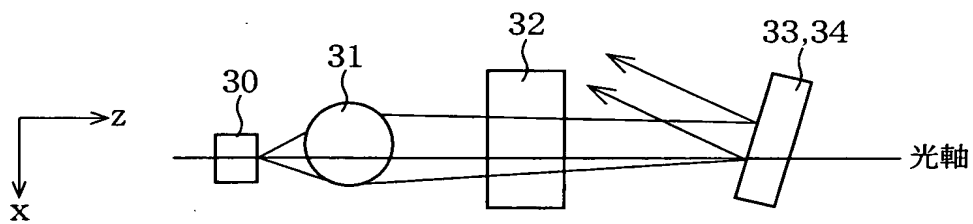
【図 17】



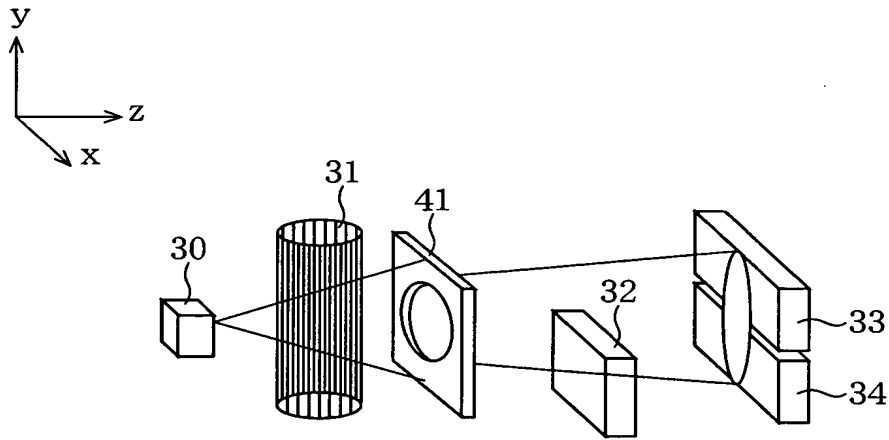
【図 1 8】



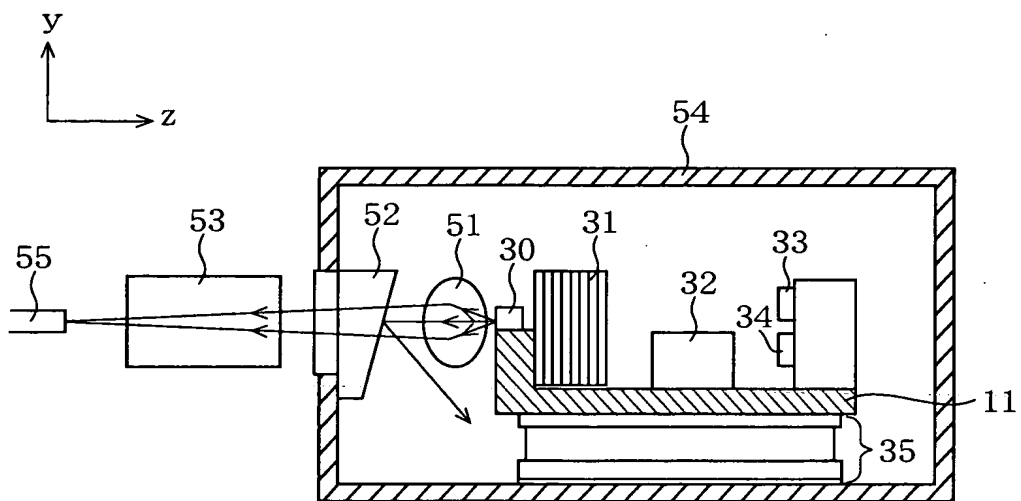
【図 1 9】



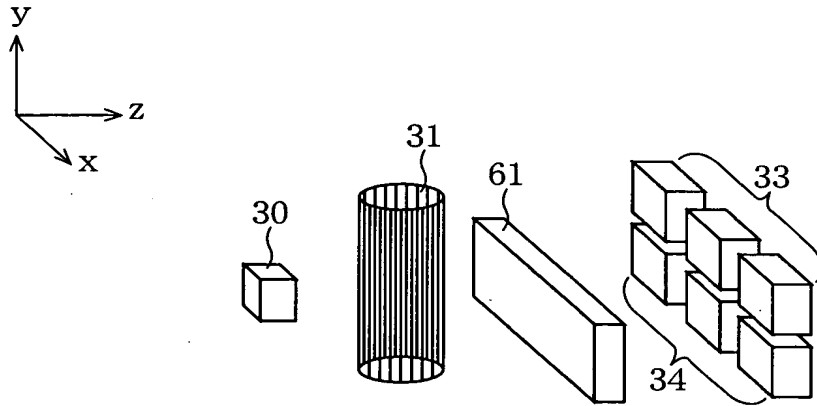
【図 2 0】



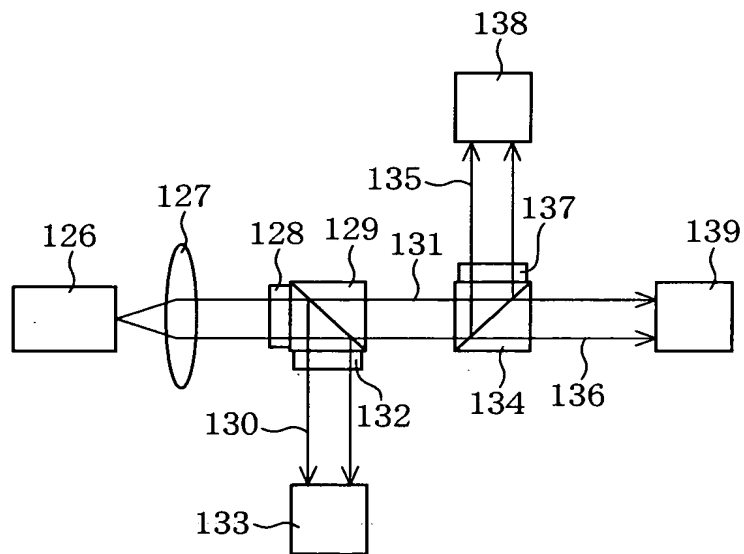
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 部品点数が少なく廉価で、光学部品のアライメントが簡便であり、経年変化や、温度変化の影響を受けにくい波長モニタ装置および半導体レーザ装置を実現する。

【解決手段】 半導体レーザからの出射光の一部は波長弁別フィルタを透過しフォトダイオードで受光され波長がモニタされる。残りの光線はそのまま別のフォトダイオードで受光して光強度をモニタされる。また、半導体レーザからの出射光は水平方向に集光するものの上下方向に対し集光作用を有しないドラムレンズを通過し波長弁別フィルタを透過し、波長がモニタされる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 1 3 2 7 4 6
受付番号	5 0 1 0 0 6 3 4 7 2 9
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 3 年 5 月 7 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000006013
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号
【氏名又は名称】	三菱電機株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100066474
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関三丁目 7 番 1 号 大東ビル 7 階

【氏名又は名称】	田澤 博昭
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100088605
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関三丁目 7 番 1 号 大東ビル 7 階

【氏名又は名称】	加藤 公延
----------	-------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名	三菱電機株式会社